LA ELECTRONICA EN LOS ELECTRODOMESTICOS

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

LA ELECTRONICA EN LOS ELECTRODOMESTICOS



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-645-X (Vol. 26)
D. L.: B. 20008-1986

Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

La Electrónica en los electrodomésticos

INTRODUCCION

A medida que la Electrónica avanza, va incorporándose de una manera decisiva a nuestros hogares, no sólo como medio de entretenimiento (TV, equipos Hi-Fi, video, etc.), sino a través de aparatos que facilitan e incluso sustituyen las tareas domésticas indispensables. Ya no se trata de disponer de dichos aparatos; la tecnología va más allá, pretende mayor eficacia y seguridad y en algunos casos conlleva incluso una disminución en coste y tamaño.



Los electrodomésticos contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas. El alto grado de automatización que existe en la actualidad, permite que el usuario pueda dedicar más tiempo a otras actividades, entre las que conviene citar la cultura y el ocio.

En este libro se expondrá la circuitería electrónica introducida en dichos aparatos domésticos bajo dos puntos de vista, en primer lugar nos referiremos a la sustitución de elementos electromecánicos con el fin de mejorar su eficacia,

y de otro, haremos hincapié en la innovación que suponen para prestar nuevos y mejores servicios al usuario, servicios que con elementos no electrónicos no serían rentables ni posibles.

Insistiendo un poco más al respecto, puede decirse que los simples bimetales, cuya función es el control de temperatura a través de una conmutación según el grado de dilatación, son sustituidos progresivamente por precisos termostatos electrónicos cuyo elemento principal es el triac. Este componente resulta prácticamente de vida ilimitada, además de tener las ventajas de no poseer partes móviles, consiguiendo con ello menos interferencias y mayor rapidez de funcionamiento.

Otros muchos no sustituyen a ningún elemento anterior, así puede hablarse de alarmas sensoras de gas y humedad; incluso del control de un horno de microondas. ¿Y por qué vamos a detenernos aquí? La Electrónica ofrece también un sinfín de posibilidades para una mayor comodidad en el hogar; ya existen en el mercado cerraduras ópticas, simuladores de alarma, ionizadores para purificar el aire, receptores y transmisores ultrasónicos para telemando, etc.

Conforme avance la tecnología las aplicaciones de la Electrónica en el hogar seguirán incrementándose, llegando en último término a poder disponer de un computador familiar que controle infinidad de funciones domésticas, que hoy día tímidamente empezamos a vislumbrar.

La *robótica* es una reciente rama de la Electrónica en creciente expansión que depara un futuro fascinante, no solamente para aplicaciones industriales sino también en el hogar.

TRANSDUCTORES

Todo sistema electrónico de regulación precisa de una información para poder efectuarla. Esta información debe ser introducida en forma eléctrica al circuito y como lo más usual es que las variables a regular no sean eléctricas es preciso efectuar la adecuada conversión.

Transductores de temperatura

La medida de temperatura constituye una de las medicio-

Los transductores son aquellos elementos capaces de transformar valores de magnitudes físicas (temperatura, presión, humedad, velocidad, etc.) en señales eléctricas para ser tratadas a través de un sistema electrónico a fin de regular o controlar los procesos dependientes de dichas magnitudes.

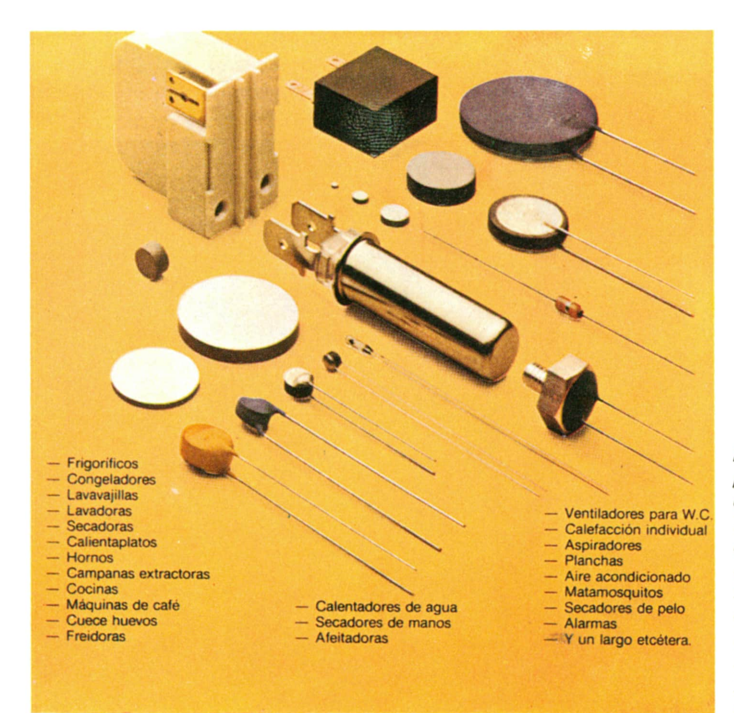


Figura 2. Termistancias para aplicación en electrodomésticos. También se citan algunos casos concretos de utilización. Esta relación no pretende ser exhaustiva, sin embargo, es suficiente para que el lector tenga una idea general de las principales aplicaciones domésticas.

nes más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales y, cómo no, en los electrodomésticos. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesario.

Los transductores eléctricos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

a) Variación de resistencia de un conductor (*sondas de resistencia*).
b) Variación de resistencia de un semiconductor (*termistores*).
c) f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (*termopares*).
d) Intensidad de radiación total emitida por el cuerpo (*pirómetros de radiación*).



Secadora electrónica por aire caliente, que además airea la ropa. Como las lavadoras más empleadas, posee programas especiales para cada tipo de prenda. La medición de la humedad residual, se efectúa mediante tres sensores que aseguran una detección correcta. (Cortesía: Bauknecht).

Sin embargo son los de tipo *a*) y *b*) los más utilizados en los electrodomésticos cuyos márgenes de temperatura son relativamente pequeños (figura 2).

Sondas de resistencia

Estos elementos deben poseer unas características determinadas como son por ejemplo, alto coeficiente de temperatura de la resistencia, alta resistividad, relación lineal resistencia-temperatura, etc. Los materiales que normalmente se utilizan son el platino y el níquel.

La variación de resistencia de las sondas se mide con un puente de Wheatstone; si el montaje es de tres hilos la medida no se ve afectada por la longitud de los conductores ni por la temperatura ya que ésta influye a la vez en dos brazos adyacentes del puente, siendo la única condición que la resistencia de los hilos sea exactamente la misma.

Termistores

Los termistores son semiconductores que actúan como resistencias con un coeficiente negativo de temperatura de valor elevado (NTC) y que presentan una curva característica lineal tensión-corriente siempre que la temperatura se mantenga constante.

Los termistores se conectan a puentes de Wheatstone convencionales o a otros circuitos de medida de resistencia. Al tener un alto coeficiente de temperatura poseen una sensibilidad mayor que las sondas de resistencia estudiadas, y permiten incluso intervalos de medida de 1°C. Son de pequeño tamaño y su tiempo de respuesta depende de la capacidad térmica y de la masa del termistor, variando desde fracciones de segundo a minutos.

Transductor y detector de humedad

Disponer un detector de humedad en una secadora significa obtener en la mayoría de los casos un ahorro de energía y al mismo tiempo garantizar una eficacia en el secado. El sistema electrónico consiste en ir detectando el grado de humedad a medida que el tambor va girando; en el momento en que se alcanza un nivel de humedad determinado el motor que acciona el tambor se detiene. Como se verá

a continuación basta elegir un valor adecuado para el condensador de referencia, y a través de un amplificador comparador, obtener una señal eléctrica que detiene el motor que acciona el tambor de la secadora.

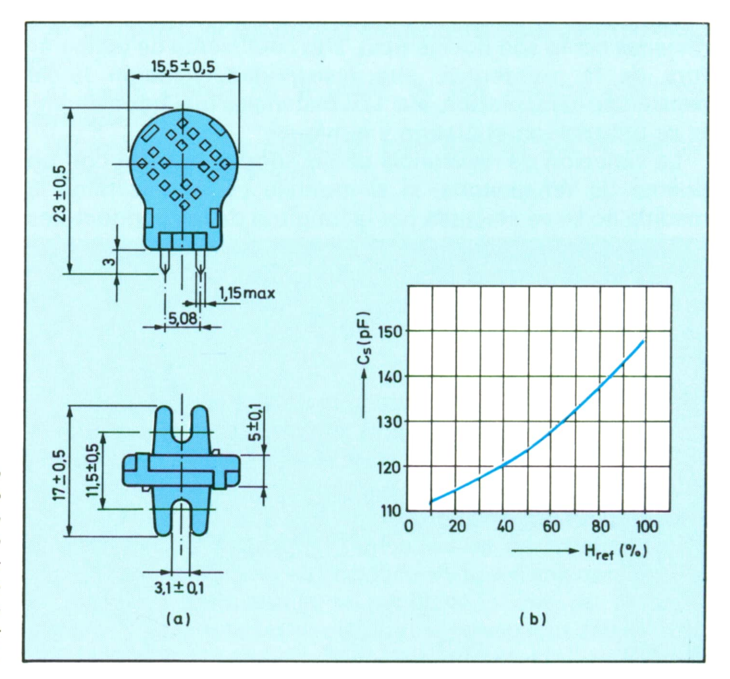


Figura 4. a) Aspecto físico del sensor de humedad de la firma Valvo. Las cotas vienen dadas en milímetros; b) Relación entre la humedad relativa y la capacidad del sensor medida en pF.

Antes de pasar al estudio detallado del transductor de humedad, convendrá hacer hincapié sobre algunas nociones de humedad.

Una cierta masa de aire, a una presión absoluta y temperatura, no puede contener más que una determinada cantidad máxima de agua en forma de vapor. Cuando contiene la citada cantidad máxima se dice que el aire está saturado. En estas condiciones, la presión parcial del vapor de agua contenido en el aire coincide con la tensión de vapor de agua a la temperatura considerada, lo que quiere decir que, si se intenta aportar más agua a la masa de aire en estudio, se observa que el agua añadida queda en estado

líquido, y si el agua añadida lo es en forma de vapor, ésta se condensa.

Sistema de medida por conductividad

Todo objeto situado en ambiente húmedo tiene moléculas de agua en su superficie y su número aumenta a medida que se aproxima a la temperatura del punto de rocío, es decir, a la temperatura de saturación de una mezcla de gas y de vapor de agua, cuando ésta se alcanza puede verse el rocío formado. Si la temperatura de la superficie es superior a la del rocío, las moléculas de agua no pueden verse pero sí



Ejemplos de aplicacioón de un medidor térmico en forma de espadín, que se introduce en el interior de la carne, pescado u otro alimento sujeto a cocción en el horno. La información recogida, se lleva al circuito programador, el cual desconecta el horno una vez alcanzada la temperatura preseleccionada, de acuerdo con los gustos personales.
(Cortesía: Miele)

detectarse eléctricamente. Las moléculas de agua sobre la superficie, aunque sea la de un aislante excelente, permiten el paso de una corriente eléctrica, que es función de la superficie del material y de la humedad sobre la superficie. Para un cierto material y una diferencia de potencial fija, la

corriente aumentará logarítmicamente a medida que la temperatura de la superficie disminuya hasta el punto de rocío de la atmósfera; por debajo del mismo esta relación logarítmica deja de existir.

El elemento de medida consiste en una superficie aislante altamente pulida, en la cual están embebidas dos mallas entremezcladas de oro que no hacen contacto entre sí, y un transductor de temperatura que detecta la temperatura superficial. A las dos mallas se aplica una diferencia de potencial constante y la corriente que circula se compara con la correspondiente al punto de rocío o a cualquier punto de referencia que interesa según lo que se pretenda medir.

Sistema de constante dieléctrica

El valor de la capacidad de un condensador eléctrico es función de su forma geométrica y tamaño, de la separación y

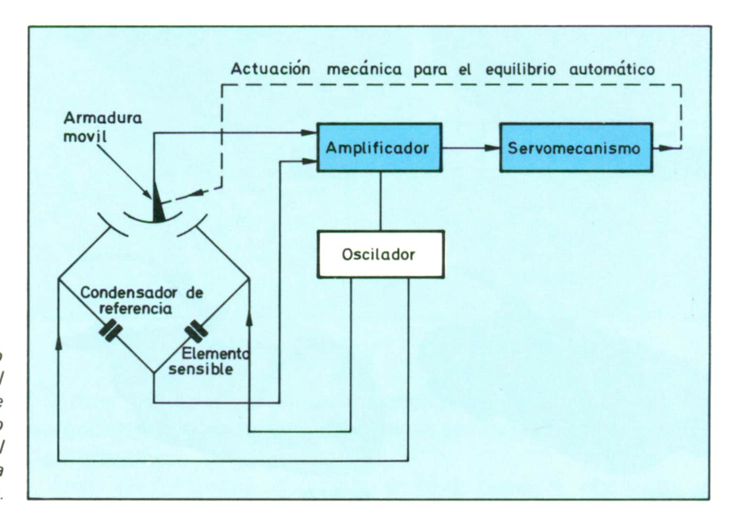


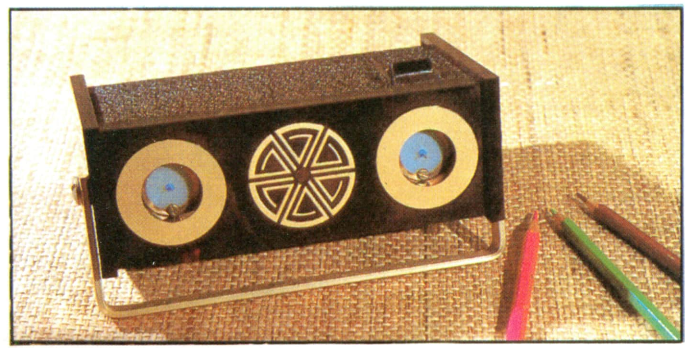
Figura 6. Medidor del tipo constante dieléctrica. El elemento sensible, debe quedar protegido para no verse afectado por el ambiente en el que realiza la lectura.

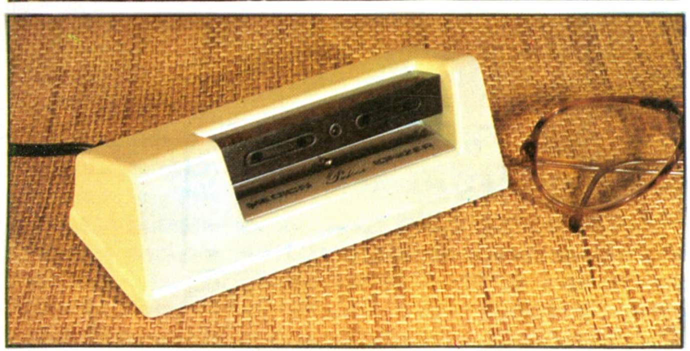
de la constante dieléctrica del material entre las placas, que tiene distinto valor para cada sustancia. Por ejemplo, el valor de la constante dieléctrica del aire es 1 y la del agua 80. Por consiguiente, existen *higrómetros* que aprovechan la propiedad de la variación en la constante dieléctrica del aire cuando cambia la humedad absoluta. Consisten en un

condensador eléctrico (elemento sensible) y un medidor de capacidad graduado directamente en unidades de humedad absoluta o de otro tipo.

Un diseño típico consiste en un condensador cilíndrico, una de las placas es un hilo interno que coincide con el eje. El dieléctrico es un material higroscópico poroso de unas 10 micras de espesor que recubre el hilo de oro que constituye la segunda placa del condensador. La malla actúa de filtro frente a las partículas de polvo, pero permite el paso de las moléculas de agua. En la figura 4 está representado un sensor de humedad recubierto de plástico y dotado de varios orificios.

El instrumento de lectura puede ser un puente Wheatstone autoequilibrado formado por condensadores, uno de ellos actúa como elemento sensible, su simétrico será el de referencia y los otros dos servirán para el equilibrio del puente (figura 6).





Dos modelos de ionizadores de aire. Un circuito electrónico crea una zona de tensión eléctrica alrededor de una punta metálica; en esta zona, se generan cargas negativas, que se combinan con los átomos de oxígeno y forman iones negativos. Su utilización se recomienda con fines terapéuticos. (Cortesía: Ambionic).

Detectores de gases

Las técnicas usadas en la detección de gases son muy variadas y van desde las cámaras de ionización hasta los sensores infrarrojos, fotoeléctricos, térmicos y los sensores semiconductores de calentamiento superficial.

La cámara de ionización y los sensores semiconductores pueden detectar rápidamente productos de combustión, gases, iones, vapor de agua y partículas de humo tanto visibles como invisibles.

El circuito básico de aplicación de estos sensores es relativamente sencillo y consta del sensor, un comparador o detector de umbral, una etapa de potencia y la consiguiente alarma de salida.

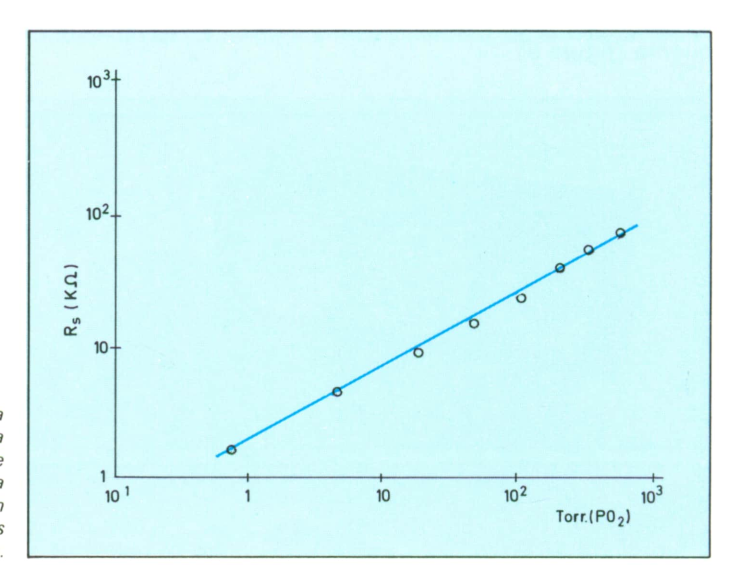


Figura 8. Relación de la resistencia interna de una TGS (Rs) y la presión de oxígeno libre. Se observa que existe una proporción lineal entre ambas magnitudes.

Detector de gas con semiconductores

Existen detectores semiconductores que utilizan tiristores e incluso circuitos integrados MOS, sin embargo, aquí sólo se estudiará debido a su sencillez el detector TGS con disparo por triac.

El sensor TGS (Taguchi Gas Sensor) consiste en un

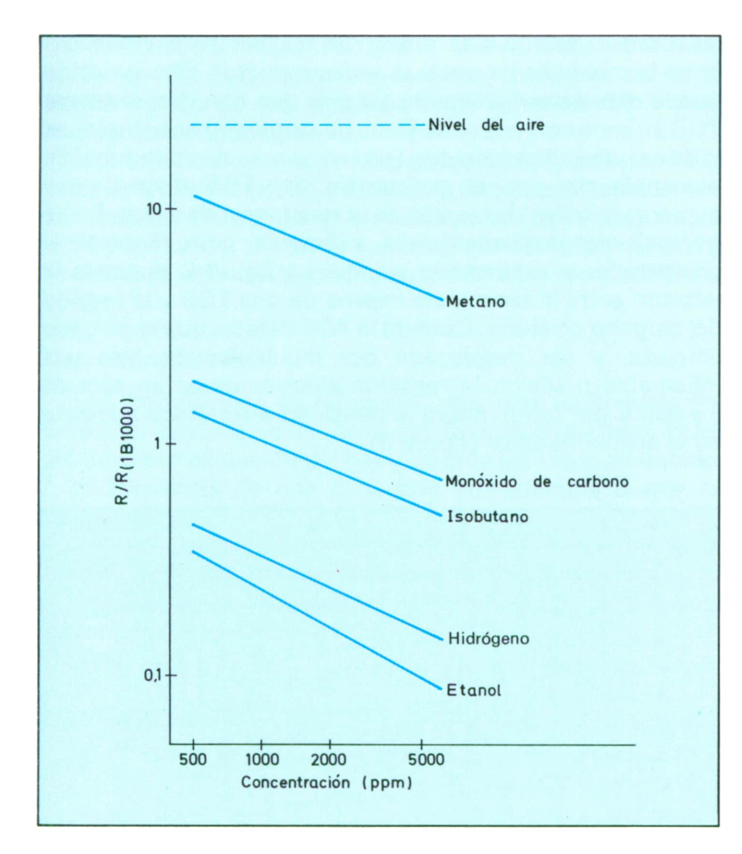


Figura 9. Curvas de salida de una TGS típica, empleada en la detección de diferentes tipos de gases, comparando su valor con respecto al aire.

semiconductor de SnO_2 tipo N, rodeado de un hilo calefactor de metal noble que sirve como electrodo. Su funcionamiento se basa en la reacción superficial de los gases sobre el dispositivo, estabilizándose el funcionamiento gracias al calefactor que eleva la temperatura del semiconductor a un valor fijo. La adsorción de gases combustibles (hidrógeno, CO, etc.) por parte de la superficie del dispositivo, incrementa la conductividad del sensor, que puede ser de hasta 20 veces la conductividad normal al aire cuando se expone el TGS a pequeñas concentraciones de gas.

La adsorción de una molécula de gas en la superficie de un semiconductor, genera habitualmente una transferencia de

electrones (debida a la diferencia de niveles energéticos) entre la molécula de gas y el semiconductor. Esta variación puede detectarse fácilmente sin más que conectar el sensor TGS en serie con una resistencia de carga, y aplicar cualquier tensión de alimentación (c.c. o c.a.) al conjunto. En presencia de gas, la resistencia del TGS disminuye y aumenta la caída de tensión en la resistencia de carga. Por lo general este incremento es suficiente para disparar el comparador y accionar la alarma. La figura 8 presenta la relación entre la resistencia interna de una TGS y la presión del oxígeno en el aire. Cuando la TGS detecta que el oxígeno empieza, a ser desplazado por moléculas de otro gas inflamable o tóxico la reacción electrónica es en sentido inverso y por tanto, ahora la densidad electrónica aumenta en el semiconductor (figura 9).

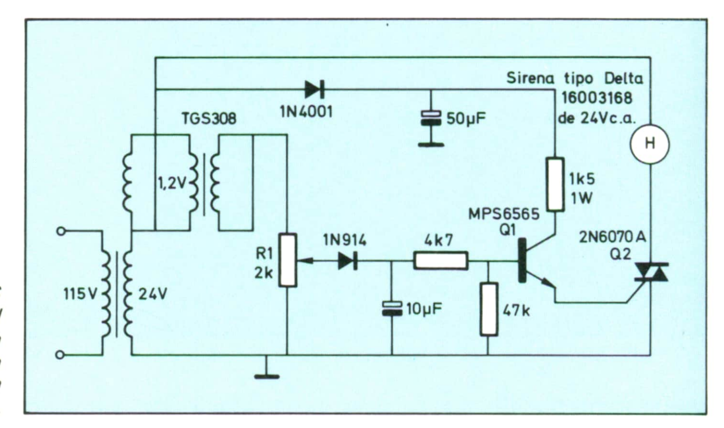


Figura 10. Detector TGS con disparo por triac. El transistor proporciona la suficiente corriente para hacer conducir al triac en los momentos adecuados.

En la figura 10 puede verse un sencillo esquema de *detector de gases y humos* de bajo coste en el que se utiliza un sensor TGS 308 y un triac para accionar una sirena de c.a. El sensor TGS en serie con el potenciómetro R_1 de 2 kΩ se conecta a una tensión de 30 V eficaces, aunque puede variar según el fabricante, mientras que el elemento calefactor recibe una tensión de 1,2 V eficaces. Cuando no hay presencia de gas, la tensión de salida (en bornes de R_1) es de aproximadamente 3 V. Esta tensión aumentará al disminuir la resistencia del sensor cuando exista alguna

concentración apreciable de gas en el aire. El aumento de la caída en R_1 será, aproximadamente, proporcional a la concentración de gas y puede llegar a ser de 20 V para fuertes concentraciones.

Esta señal del potenciómetro de control R_1 se ajustará al valor de umbral deseado, variando la fracción de tensión que se rectifica y filtra antes de atacar la puerta del triac, a través del transistor Q_1, el cual le suministra la corriente necesaria (en el caso más desfavorable es de 20 mA) para activar la sirena.

Detección catalítica

Tres condiciones se requieren para que un transductor catalítico transforme el nivel de toxicidad en una señal eléctrica por oxidación del gas y medida del calor producido.

a) Existencia de una superficie considerable donde se oxidará el gas.

b) Esta superficie estará sometida a un calentamiento conveniente para garantizar la mínima oxidación necesaria.

c) Se utilizará una resistencia variable a la temperatura para medir la variación de calor.

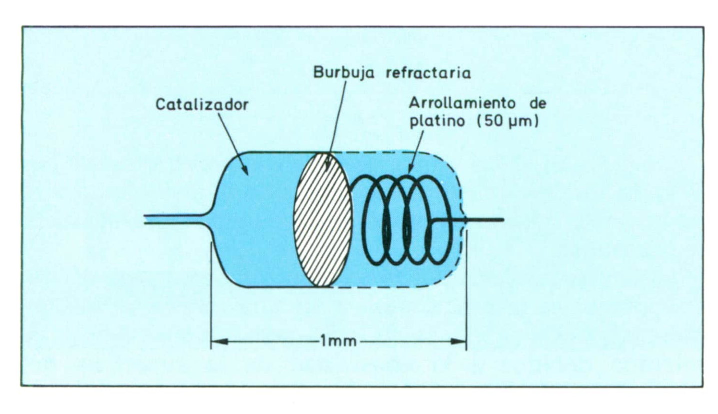


Figura 11. Estructura interna de un pellistor. Puede observarse la miniaturización de los componentes que la forman.

Para la medida de temperatura se emplea un arrollamiento de platino alámbrico, el cual constituye una resistencia variable con la temperatura que se conectará a un brazo del puente; un segundo arrollamiento (con un transductor

cerrado al gas) se conecta al otro brazo y sirve como referencia y compensación del arrollamiento activo. Cambios en la presión atmosférica, vapor de agua, temperatura ambiente, etc., afectan por igual a los catalizadores y el puente permanecerá en equilibrio; esta relación puede variar en alguna pareja de catalizadores, por ello será necesario compensar mediante el «ajuste del cero» para un correcto funcionamiento.

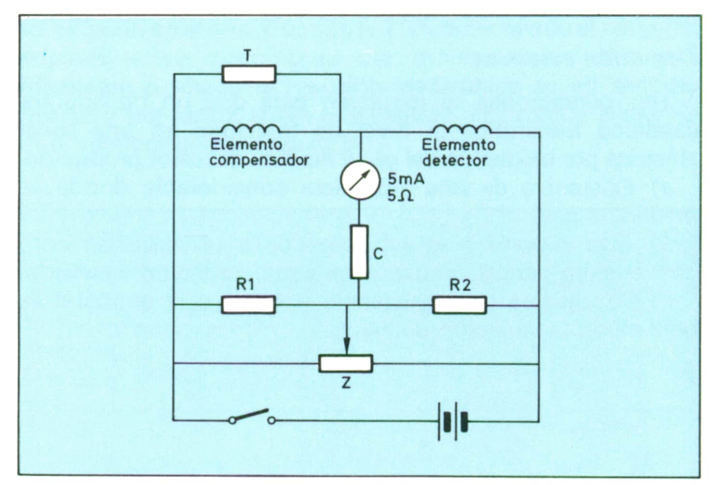


Figura 12. Circuito básico para un medidor portátil a base de pellistores. Emplea la estructura típica de un puente de medida con galvanómetro central para buscar la posición de equilibrio.

En la figura 11 se puede observar un *pellistor catalítico*, transductor desarrollado para superar las dificultades observadas en los transductores de platino cuando trabajan a altas temperaturas.

La ventaja fundamental de la reducción de temperatura del transductor es la casi completa eliminación del desplazamiento del «cero» en la lectura. Se dan pequeños desplazamientos debidos a la emisividad de la superficie del catalizador si el transductor opera en concentraciones de metano superiores al 10 %, pero estos cambios son reversibles por operaciones a bajas concentraciones en aire. En la figura 12 se observa el esquema básico de un medidor portátil, cuya corriente puede ser amplificada y utilizada sobre cualquier otro medidor.

Es interesante disponer de elementos de control para la

prevención de escapes de gas no tan solo como seguridad en el hogar, sino para detectar posibles fugas de refrigerante en el frigorífico. Una pronta detección de la fuga permite una reparación inmediata.

Detectores de líquidos

Actualmente ya existen en el mercado lavadoras y lavavajillas que llevan incorporado un dispositivo *detector de fugas* de líquido, provisto de un sistema de alarma (figura 13). El detector puede ser un simple electrodo que al estar sumergido en un líquido conductor, agua por ejemplo, crea un cortocircuito a tierra, o bien se dispone de dos electrodos, cerrándose el circuito cuando ambos se hallan sumergidos en el líquido.

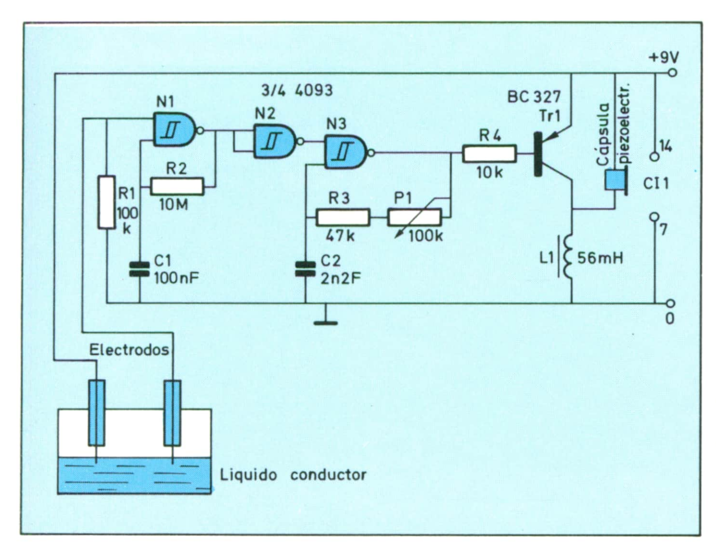


Figura 13. Esquema eléctrico de un detector de líquido, formado por parte del circuito integrado 4093 y el transistor BC 327, encargado del circuito de salida.

En la figura 13 está representado el esquema electrónico de este segundo sistema. Cuando los dos electrodos se encuentran sumergidos en un fluido, se dispara el oscilador formado por la puerta lógica N1, generando una onda cuadrada de 1 Hz que, a través de N2, dispara el oscilador

formado por N3. Este último producirá un tren de impulsos que acústicamente puede traducirse por un «bip-bip», cuya frecuencia puede ajustarse entre 3 y 10 kHz mediante el potenciómetro P_1. El transistor Tr1 se utiliza como etapa *buffer* (separador) para amplificar la señal entregada por el oscilador de BF. La bobina L_1 permite a su vez aumentar el nivel de señal de salida. La fabricación de los electrodos puede hacerse de múltiples formas, la más simple consiste en trazar dos pistas paralelas sobre una placa de circuito impreso. Los zumbadores pueden ser del tipo *piezoeléctrico* que tienen la ventaja respecto a los de otro tipo de poseer un rendimiento electroacústico muy alto, es decir producen un elevado sonido consumiendo muy poca potencia. Tal vez sea oportuno decir que aquí sólo se ha descrito el transductor conductivo de nivel de líquidos, sin embargo existen otros tipos, como pueden ser el *capacitivo*, por *radiación* y el *ultrasónico*.

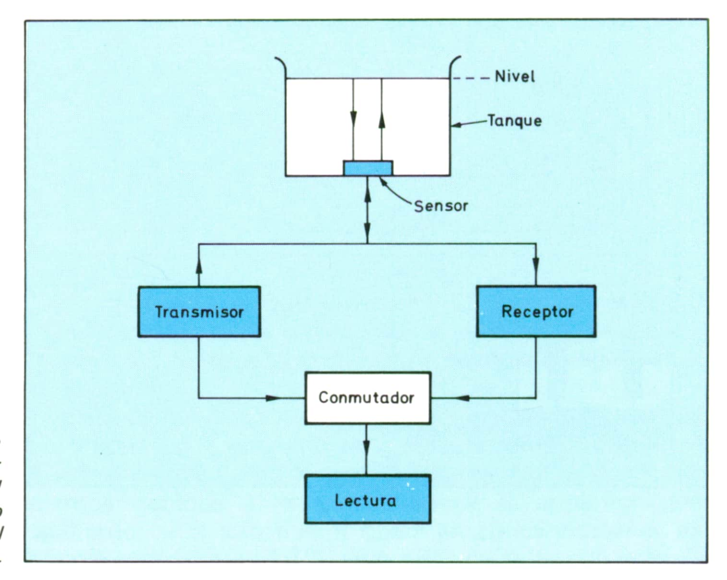
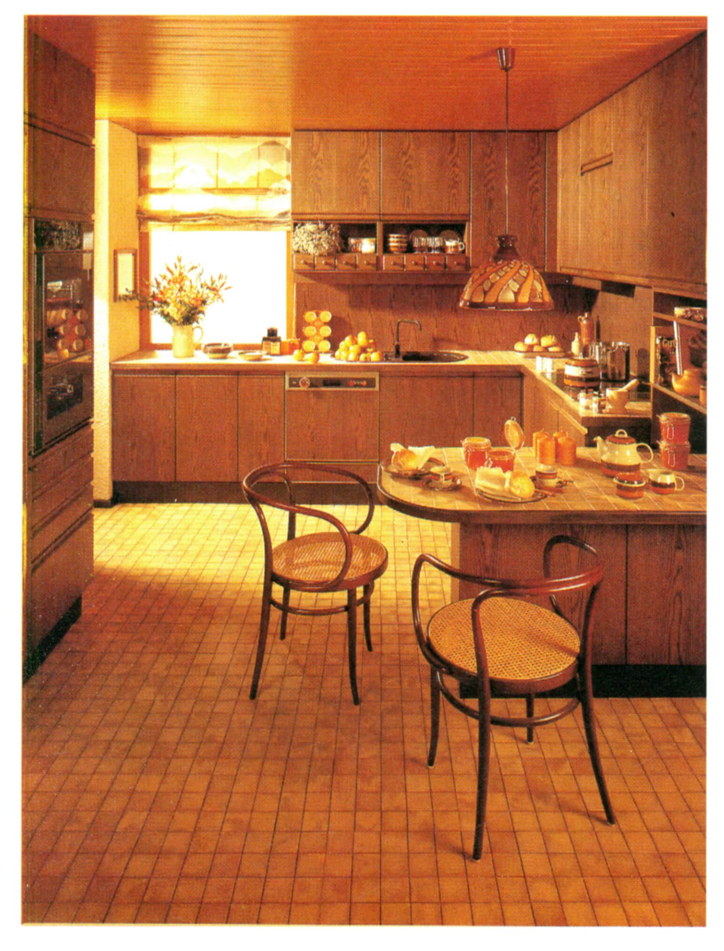


Figura 14. Diagrama de bloques de un transductor ultrasónico de nivel. El sensor actúa de vehículo para el transistor y el receptor de señal.

Un diagrama de bloques como el de la figura 14 ayudará a comprender el sistema de detección por ultrasonidos. Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una

superficie reflectante y la captación del eco del mismo por un receptor, cuyo retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. El sensor emisor dispone de un oscilador excitador para enviar un impulso ultrasónico a la superficie del fluido y el sensor receptor recibe esta señal reflejada enviando una señal función del tiempo transcurrido y por lo tanto de nivel a un oscilógrafo o indicador. Los sensores vibran a una frecuencia de resonancia que se amortigua cuando el líquido los moja.



La cocina es el lugar en donde se concentran la mayor parte de los electrodomésticos modernos. Además del horno de microondas, el frigorífico, horno con fogones, etc., existen una infinidad de pequeños electrodomésticos, que facilitan el trabajo del ama de casa.
(Cortesía: Bauknecht).

Transductor de luz

Con la aparición de los *fotodiodos* semiconductores se ha hecho patente la posibilidad de obtener un potencial eléctrico a partir de la incidencia de radiación lumínica en la unión PN de un diodo. Si se ilumina una unión PN polarizada en sentido inverso, la corriente varía casi linealmente con el flujo luminoso. Estos elementos consisten en uniones PN encapsuladas en un plástico transparente.

Aplicación de un detector de luz

En aspiradoras o campanas extractoras es conveniente disponer de un sistema de aviso cuando la cantidad de polvo o grasas superan un nivel que dificulta la buena marcha del aparato. Un sencillo circuito incorporado en los mismos, como el mostrado en la figura 16, facilitará el buen funcionamiento y por tanto el rendimiento será el óptimo.

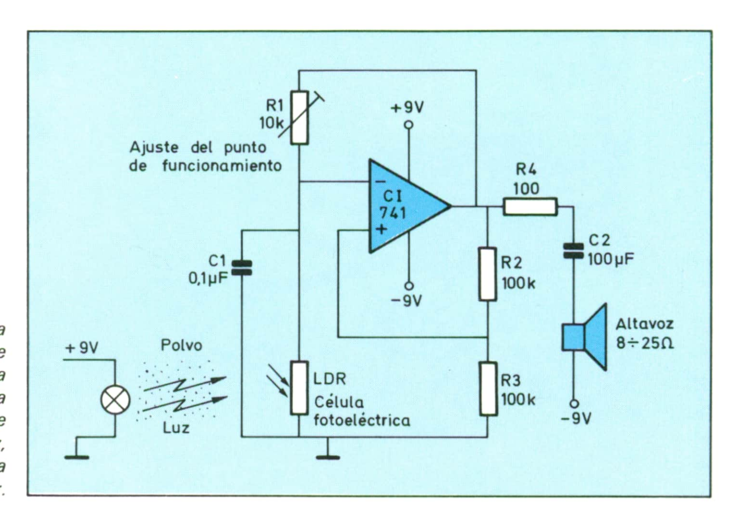


Figura 16. Alarma activada por el nivel de oscuridad. La célula fotoeléctrica recoge la luminosidad procedente de un foco emisor de luz, a través del ambiente a controlar.

Este circuito funciona como alarma accionada por la oscuridad que se produce cuando la intensidad luminosa cae por debajo de un nivel preestablecido. Esta luminosidad la puede proporcionar un LED pues una lámpara tiene una vida limitada y además puede fundirse con facilidad. Si se

interpone una gruesa capa de polvo en la trayectoria del haz luminoso, decrecerá la intensidad de iluminación recibida por la LDR (resistencia variable proporcional a la cantidad de luz recibida) y sonará la alarma. Se puede utilizar cualquier LDR de sulfuro de cadmio con resistencias entre 2 kΩ y 2 MΩ en los niveles de disparo deseados. Si fuera necesario se puede ajustar la frecuencia de la alarma cambiando simplemente el valor de C_1. Otro sistema podría consistir en sustituir la LDR por un fotodiodo polarizado intensamente y cambiando lógicamente la polarización.

CONTROL DE TEMPERATURA

Prácticamente todos los aparatos electrodomésticos, excepto algunos como licuadoras y aspiradoras, necesitan un control de temperatura, porque es precisamente este parámetro el que ofrecerá una mayor o menor calidad en el resultado de la misión para la que está diseñado el aparato. El termostato es el elemento por excelencia que se ocupa del control de la temperatura. En los frigoríficos bastará un pequeño aumento de temperatura para que se ponga en funcionamiento el compresor; en los demás casos se usa un



Acondicionador de aire utilizado para enfriar o calentar el aire. Estos equipos consumen una gran potencia eléctrica, si se desea gobernar un volumen considerable de aire.
(Cortesía: Emerson).

sistema calefactor que cuando sobrepasa un valor determinado de temperatura el sistema generador de calor se detiene (figura 18).

Como se mencionó en la introducción de este libro, la conmutación estática ha representado un gran avance en los sistemas de control, debido a que un triac no tiene partes móviles y por tanto carece de rebotes, que son los causantes de provocar arcos y producir falsos contactos. Al contrario que los conmutadores mecánicos, los triacs no sufren desgaste de los contactos después de largos períodos de funcionamiento. Por ejemplo, el circuito integrado TCA 280



Figura 18. Frigorífico congelador empotrable, con termostato electrónico y descongelación automática. Además va provisto de un dispositivo óptico de alarma.

puede ofrecer unas interesantes prestaciones en el control y regulación de temperatura; son tres los posibles sistemas de control que este circuito puede gobernar, a saber: *control de fase, control de todo o nada* y *control proporcional en el tiempo.*

El sistema de control de fase produce notables interferencias de radio, debido a las bruscas variaciones instantáneas de la tensión y de la corriente que se producen en el momento de cebarse el triac o un tiristor que realice un tipo de trabajo similar, por lo que es menester incorporar en la entrada de la tensión alterna de red un filtro supresor de interferencias.

Los controles todo o nada con conmutación en el punto de paso por cero de tensión evitan la generación de interferencias de radiofrecuencia, pero no tienen la precisión necesaria cuando se utilizan con una histéresis pequeña. El control proporcional en el tiempo combina las ventajas de la conmutación por cero con la precisión del control proporcional.

El TCA 280 está compuesto por cinco secciones independientes entre sí, que deben interconectarse adecuadamente por medio de componentes pasivos adecuados. Como se ha señalado es un circuito muy útil, pero tiene el inconveniente de que precisa un gran número de componentes exteriores.

Tras la aparición reciente de los integrados TDA 1024 y TDA 1023, que están dedicados exclusivamente al control «todo o nada» y proporcional en tiempo respectivamente, el resultado de esta especialización se ha materializado en el hecho de que sus unidades básicas están interconectadas y el número de componentes exteriores es mínimo. Esto significa un ahorro importante de componentes y de costes de fabricación. Por otra parte, ambos circuitos están provistos de los refinamientos necesarios de manera que cada uno efectúe la tarea para la que ha sido diseñado con mayor exactitud y seguridad.

Estos termostatos electrónicos tienen la gran ventaja de conmutar solamente cuando la tensión instantánea de red es cero, significa que no le afectan las interferencias continuas o discontinuas de radiofrecuencia y de la posible distorsión de la red.

El circuito TDA 1023 está diseñado para el control proporcional de tiempo. En este tipo de control, la relación entre los tiempos de conexión y desconexión de la carga

varía dentro de cierto margen: *banda proporcional.* Esto da como resultado un control muy suave de la temperatura con ausencia de error.

Entre las funciones que incorpora el TDA 1023 (figura 19), caben destacar:

Una fuente de alimentación estabilizada que permite conexión directa a la red a través de una resistencia o un condensador.

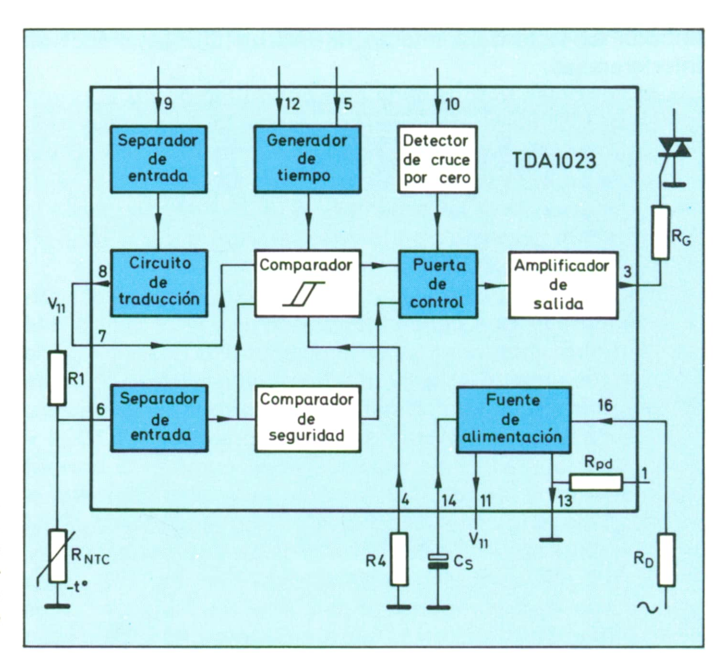


Figura 19. Diagrama de bloques del circuito integrado TDA 1023, con los componentes exteriores necesarios para que su actuación sea la adecuada.

Un detector de cruce por cero para sincronizar los impulsos de disparo de salida por el cruce por cero de la tensión de red.

Un comparador que compara la tensión de una NTC con la tensión proporcionada por el selector indicador de temperatura.

Un circuito transductor de tensión para la entrada del potenciómetro, cuyo eje servirá para elegir la temperatura deseada.

Una base de tiempos con una banda proporcional ajustable. Esto permite un control del 100 % de la corriente de la carga dentro de un margen de temperatura de solamente un grado. El período de repetición se ajusta a



El horno de microondas puede programarse para funcionar durante un tiempo predeterminado, o en función de la temperatura que se alcanza en el interior. (Cortesía: Bauknecht-Philips).

través de un condensador exterior (figura 21). En la figura 22 está representado un «control de calefactor» utilizando el TDA 1023.

Analicemos el esquema de la figura 22. Mientras la

temperatura permanece por debajo del valor prefijado, la tensión en la patilla 6 será mayor que la obtenida en la entrada 9, y el triac se mantendrá en conducción mediante el tren de impulsos en la zona de cruce de cero de la onda de

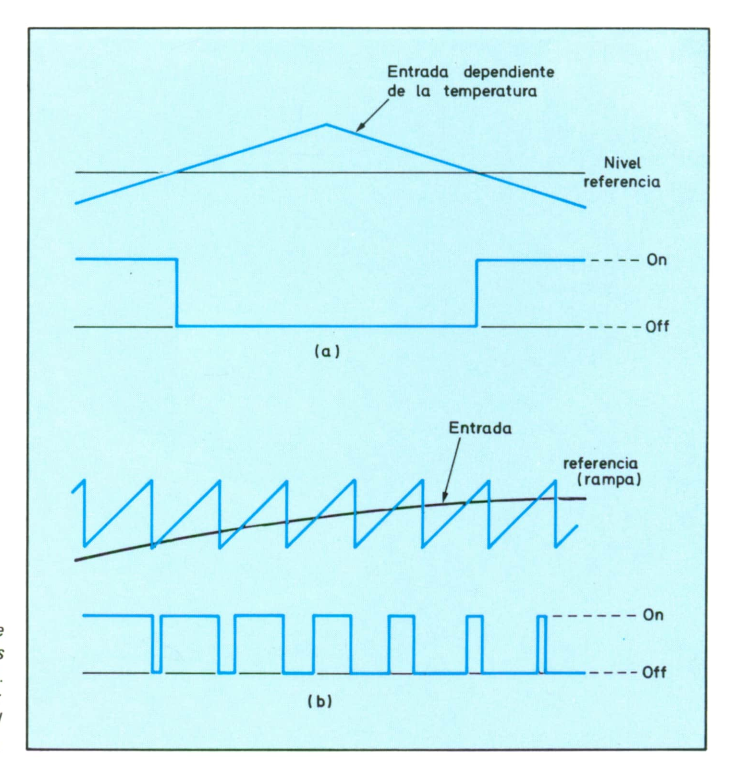


Figura 21. Principio de funcionamiento de los termostatos electrónicos. a) Control «toda o nada»; b) Control proporcional en el tiempo.

tensión de red. Cuando la temperatura aumenta, la resistencia de la NTC disminuye y con ello la tensión en la patilla 6. Cuando el valor de esta tensión cae por debajo del valor de la tensión a la salida de Rp, la salida del comparador cambia de estado y el triac deja de conducir, con lo que se apaga el elemento calefactor. Son innumerables las aplicaciones de estos termostatos electrónicos, desde calentadores de agua, estufas, hornillos y cocinas, hasta planchas, lavadoras, lavaplatos, cafeteras y un sistema de calefacción central, por citar algunos ejemplos.

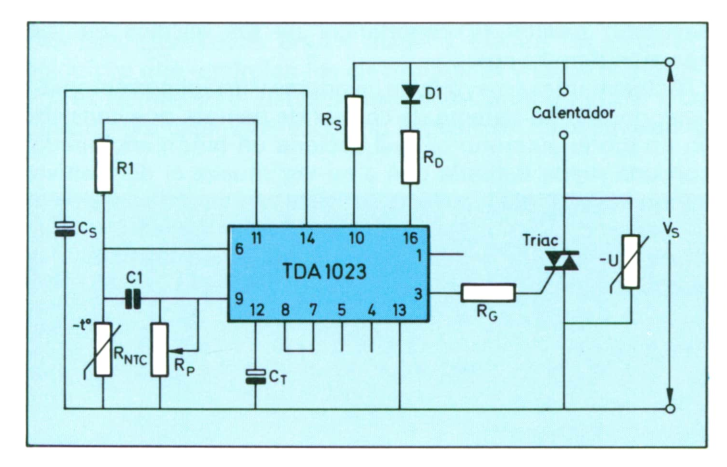
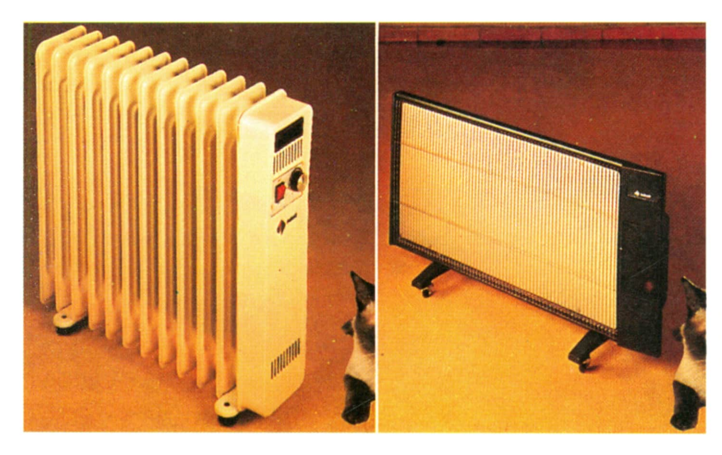


Figura 22. Control de calefactor proporcional en el tiempo, con el circuito integrado TDA 1023. La regulación viene determinada por la variación de Rp, mientras que la etapa de potencia va controlada por la conducción de un triac.

TEMPORIZACION ELECTRONICA

En la mayor parte de los sistemas electrónicos y automatismos, se precisan una serie de señales que actúen con retraso, tanto en la conexión como en la desconexión de estos sistemas o en ambos a la vez. No se va a hacer un estudio exhaustivo del principio de funcionamiento de los temporizadores, debido a que en un libro posterior se va a tratar el tema con mayor profundidad, sin embargo será



Radiador térmico Indesit. Para el control de temperatura emplea un termostato automático, que puede variarse desde cero hasta un máximo.

necesario resaltar la importancia de los mismos en los aparatos domésticos.

Actualmente la mayoría de lavadoras y lavaplatos automáticos poseen un sistema de control de tiempo, que consiste en un motor síncrono el cual acciona un piñón engranado con una rueda dentada que a su vez mueve el dispositivo temporizador mecánico. Este consiste en una serie de *ruedas de levas* o discos con sus bordes inclinados. A medida que la rueda va girando lentamente accionada por el motor del temporizador, su superficie establece contacto con peque-



Dos modelos de lavaplatos automáticos con sistema temporizador que regula las diferentes y numerosas etapas de trabajo. El modo de actuación puede controlarse mediante un programa establecido previamente. Estos electrodomésticos incorporan cada vez más dispositivos electrónicos; entre ellos microprocesadores y memorias de semiconductor.

ñas palancas, cuyos brazos abren y cierran los circuitos eléctricos que controlan los electroimanes y otros dispositivos existentes en el sistema mecánico. La longitud del arco descrito por cada leva, así como la posición respectiva en la



Las lavadoras llevan incorporado un temporizador electrónico que selecciona varios programas y temperaturas; su elección depende del tipo de ropa a lavar. A la derecha se observa este dispositivo con más detalle. (Cortesía: Corberó).

rueda de levas con relación al resto de discos, está estudiada cuidadosamente de modo que las acciones se producen en los tiempos requeridos de forma sincronizada. En las figuras 26 y 28 pueden verse dos temporizadores electrónicos.

Ni que decir tiene que los temporizadores electrónicos pueden sustituir este complicado sistema mecánico susceptible al desgaste, y por tanto, disminuir los posibles fallos que éste provoca. La sencillez y la precisión que presentan dichos temporizadores, hace posible la aplicación a cocinas,

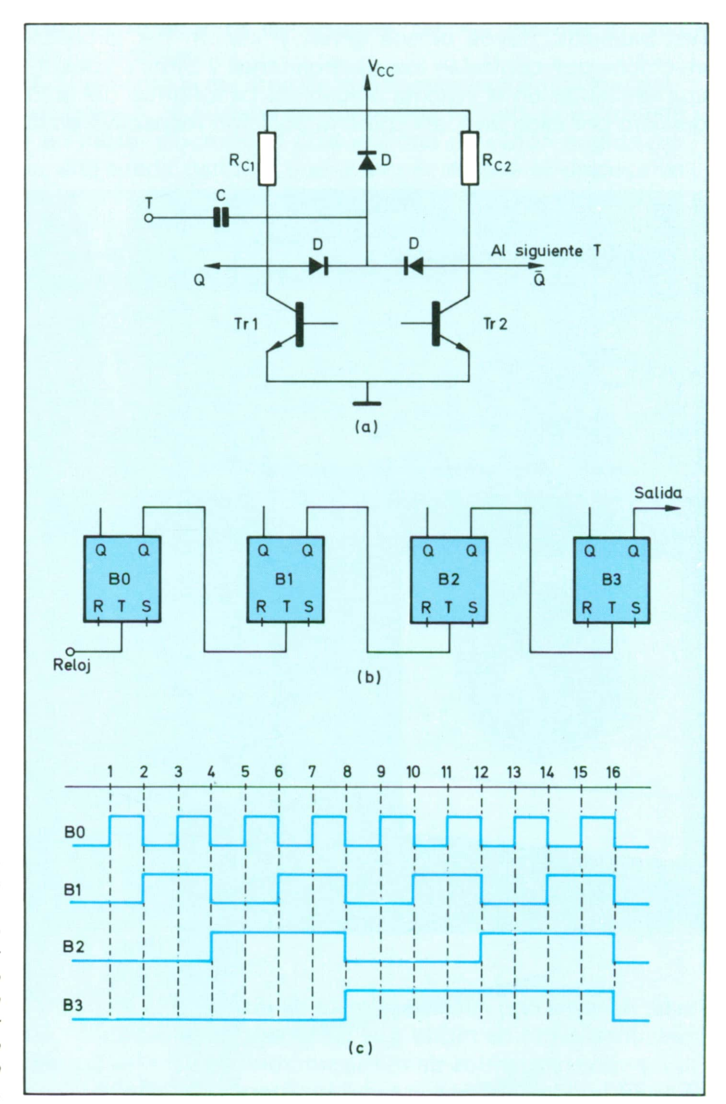


Figura 26. Circuitería para la temporización electrónica.
a) Circuito flip-flop (binario);
b) Acoplamiento de cuatro circuitos en cascada;
c) Formas de onda de la señal, a la salida de cada etapa.

hornos, cafeteras, batidoras e incluso en la descongelación automática de un frigorífico, que consiste en un contador que avanza cada vez que el compresor se pone en marcha.

Temporizadores digitales

El principio básico de los temporizadores digitales consiste en la generación de una serie de impulsos de reloj de frecuencia conocida, que son generados al principio del intervalo de tiempo que se desea medir. Estos impulsos se contabilizan en un contador, y cuando la cuenta programada ha sido cubierta quiere decir que ha transcurrido el tiempo programado.



Las modernas cocinas ofrecen amplias prestaciones; de ahí que se aumenten los controles de los circuitos electrónicos que regulan sus funciones. (Cortesía: Teka).

Un circuito biestable es aquel que puede estar indefinidamente en cualquiera de dos estados estables y puede hacérsele cambiar de uno a otro por medio de una excitación externa (impulso reloj). Sus principales aplicaciones son las de contar y almacenar información binaria. No se va a desarrollar aquí como están constituidos ni analizar su

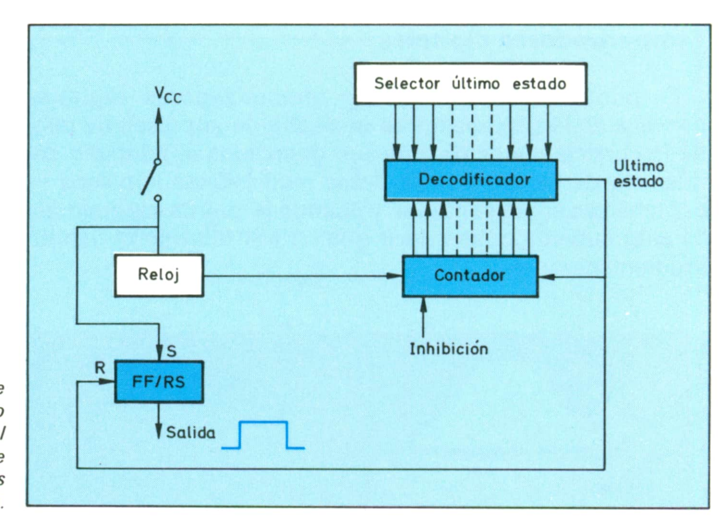


Figura 28. Diagrama de bloques de un circuito temporizador digital básico, en donde se destacan las partes esenciales que lo forman.

funcionamiento, se trata simplemente de decir que cada impulso de reloj provoca una conmutación o cambio de estado lógico en la salida y que a cada dos impulsos enviados a la entrada, vuelve a su estado primitivo; es pues un circuito divisor por dos, o lo que es lo mismo, un contador binario. La aplicación práctica de este circuito tiene un valor incalculable ya que es la base de los contadores binarios. Si

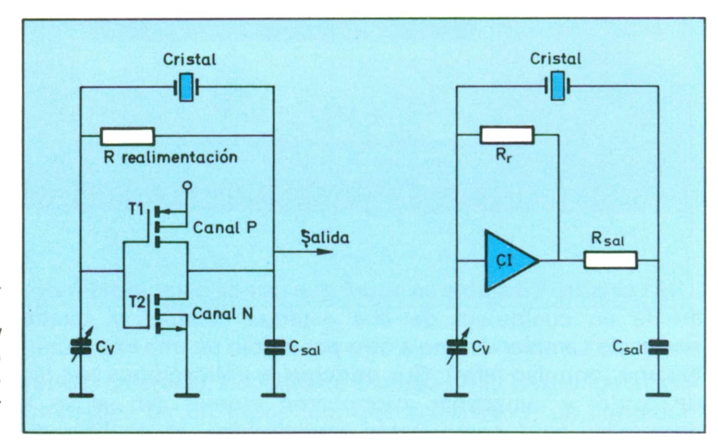


Figura 29. Oscilador multivibrador integrado. A la derecha se observa el circuito simplificado, dado que un mismo circuito integrado contiene los dos transistores FET.

se observa la figura 26, cuando la salida «$\bar{Q}$» del biestable se conmuta de «1» a «0», en la salida puede obtenerse otro impulso capaz de disparar otro biestable igual, obteniéndose así otro divisor por cuatro y del mismo modo otro por ocho, etc. Un sistema de temporización digital básico sería el representado en la figura 28.



En las cocinas modernas se encuentran abundantes electrodomésticos, además de la cocina eléctrica, lavaplatos, horno de microondas y nevera, es fácil hallar otros pequeños electrodomésticos como tostadora, molinillo, cafetera, etc. (Cortesía: Philips).

La mayoría de los temporizadores digitales integrados, utilizan un componente básico que suele ser un reloj digital constituido por un oscilador con cristal de cuarzo como generador de referencia de tiempos, el sistema se completa con un circuito divisor de frecuencia, un sistema de acoplo a los visualizadores y una fuente de alimentación. En la figura 29 está representado un oscilador multivibrador integrado. Consta de dos transistores complementarios MOS, Tr1 y Tr2,

dos condensadores, una resistencia y un cristal. En esta configuración la capacidad de salida y la resistencia de realimentación están integradas en la misma pastilla que el oscilador y el divisor de frecuencia, siendo los únicos componentes externos, para completar el oscilador, el cristal de cuarzo y la capacidad variable Cv.

Temporizadores analógicos

Existe una gran gama de multivibradores y monoestables de potencia, es decir, elementos de generación de señales de temporización mediante circuitos analógicos, discretos o integrados, empleando amplificadores operacionales, programables o amplificadores de transconductancia variable.

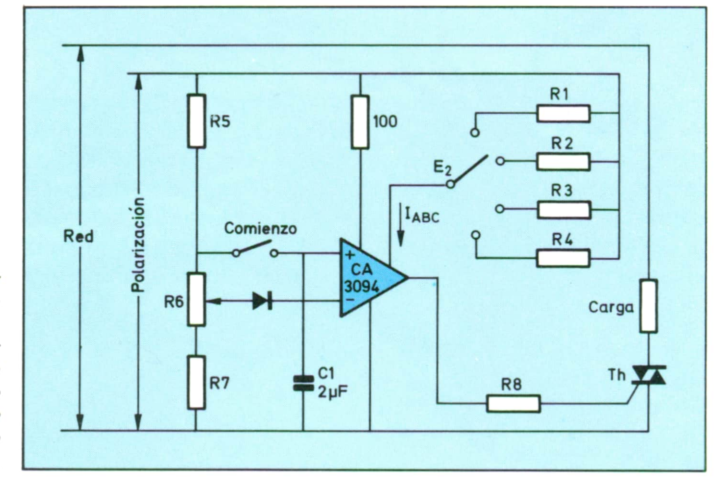


Figura 31. Temporizador realizado con un amplificador operacional, cuya actuación es controlada por la resistencia acoplada entre las cuatro opciones de salida y el valor de la entrada.

En la figura 31 se tiene una versión de este último sistema en el cual se consiguen intervalos de larga duración (hasta cinco horas) descargando un condensador en el terminal positivo de entrada del operacional en cuestión. La corriente de descarga es programada en el terminal que controla la magnitud de la corriente de polarización I_{ABC} (mediante selección de las resistencias R_1 a R_4 con el conmutador E_2), instante en que los transistores que constituyen el circuito diferencial de entrada cambian de estado. Entonces, el

terminal negativo de entrada extrae suficiente corriente para invertir la polaridad de la tensión de salida y, en consecuencia proveer corriente para cebar elementos de control tales como tiristores o triacs.

Temporizadores mixtos analógicos/digitales programables

Un ejemplo significativo de este tipo de temporizadores es el XR-2240. Es un controlador capaz de producir grandes retardos sin que por ello pierda exactitud. Pueden programarse retardos desde un microsegundo hasta cinco días. Tiene la ventaja de que, colocados dos de estos circuitos en cascada, pueden alcanzarse retardos de hasta tres años (figura 32) el circuito está compuesto de un oscilador base de tiempos, un contador programable de 8 bits y un *flip-flop*. Posee una red externa RC y la base de tiempos puede programarse desde 1 RC hasta 255 RC. Además, el control de entradas y salidas es compatible con TTL y CMOS.

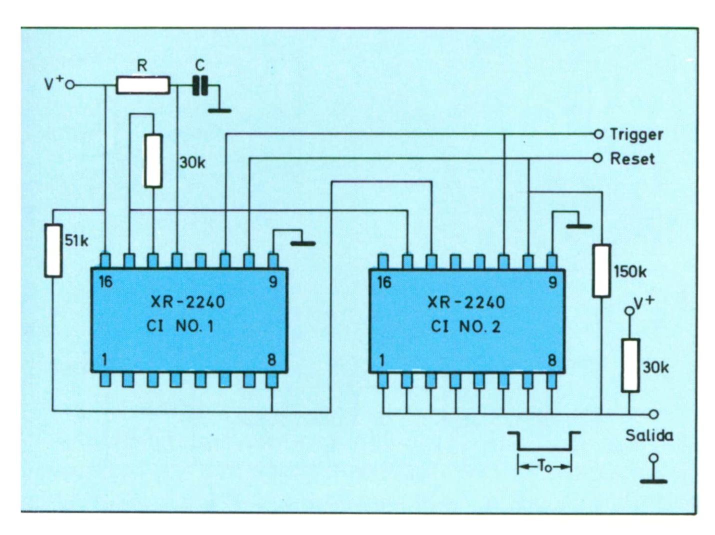


Figura 32. Conexión en cascada de dos circuitos integrados modelo 2240. La salida del primer integrado se acopla con la entrada del segundo circuito.

La frecuencia del oscilador astable de ondas cuadradas se puede programar digitalmente mediante un multiplexor CMOS de ocho canales 4051 con tres líneas de selección.

Estas líneas seleccionan ocho posibles tiempos. Cuando todas las entradas están a cero se obtiene el período más largo de temporización. La relación de tiempos que se pueden obtener es 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, y 128 RC. Basta modificar el valor óhmico de la resistencia y la capacidad del condensador para variar la temporización.

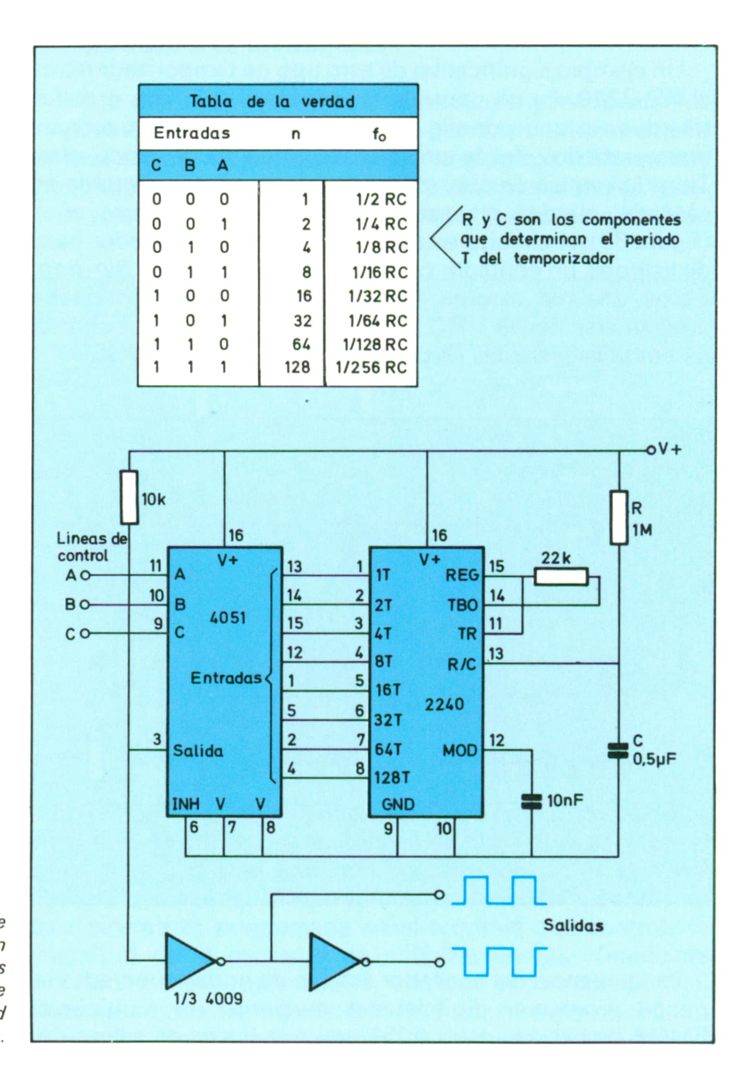


Tabla de la verdad

Entradas			n	f_0
C	B	A		
0	0	0	1	1/2 RC
0	0	1	2	1/4 RC
0	1	0	4	1/8 RC
0	1	1	8	1/16 RC
1	0	0	16	1/32 RC
1	0	1	32	1/64 RC
1	1	0	64	1/128 RC
1	1	1	128	1/256 RC

Oscilador astable programable formado con los circuitos integrados 4051 y 2240. Se incluye además la tabla de verdad y la temporización.

CONTROL ELECTRONICO DE POTENCIA

Reguladores de motores

Muchos de los aparatos de que disponemos en el hogar: batidoras, trituradoras, aspiradoras, licuadoras, extractores, lavadoras-centrifugadoras, etc. poseen un motor para poder realizar su función. Es por ello indispensable tratar, aunque sea brevemente, del contol de la velocidad.



Aspirador electrónico de 1000 vatios. Posee una regulación automática de potencia, en función de la capacidad que debe aspirar.
(Cortesía: Tornado).

Actualmente se han desarrollado una serie de circuitos integrados que son aplicables a controles de velocidad sin exigencias, y perfectamente aplicables a motores de tipo universal o también a servomotores. Se trata de incorporar en una pastilla todos aquellos módulos de los que consta un variador.

Así, por ejemplo, encontramos el circuito SGS L120 que es de los más completos (figura 35). Este circuito dispone de

una fuente de alimentación estabilizada y de un detector de paso por cero de la tensión de red para la sincronización del variador con ésta.

Partiendo de la señal del paso por cero se genera una *rampa o diente de sierra* cada 10 milisegundos, por medio de una capacidad exterior C_E. Esta señal se compara con la señal de salida del amplificador diferencial, cuyas señales de entrada son la referencia de velocidad y la medida de la misma, sea por *dinamo taquímetrica*, (respuesta eléctrica proporcional a la velocidad del eje del motor) o por tensión aplicada. En definitiva, la *señal de error* amplificada y comparada con la tensión de rampa dará una onda cuadrada de duración proporcional a los valores comparados.

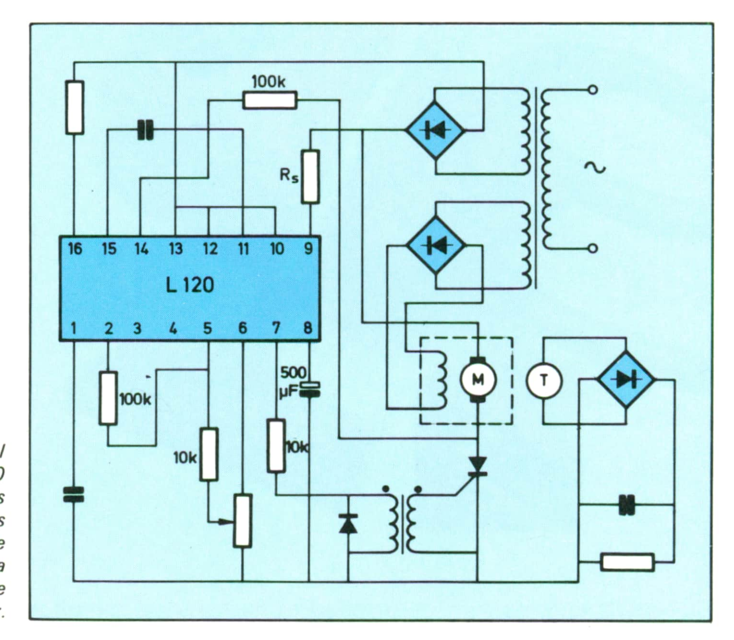


Figura 35. Aplicación del circuito integrado L-120 en el control de pequeños motores. La regulación es efectiva, porque permite controlar a voluntad la duración del impulso de conducción del motor.

Sólo es preciso generar los impulsos de disparo, para lo cual se dispone de un chopper (troceador) y un amplificador. También existe la posibilidad de inhibir los impulsos para cualquier condición deseada en la maniobra, ya que dispone de una etapa lógica para este menester. La

realimentación con dinamo tacométrica sirve para mantener la velocidad constante.

No siempre se pretende que la velocidad se mantenga constante, en algunos casos tal vez interese poder regular la velocidad. En este caso es posible desglosar un convertidor en varios módulos. Un módulo se encargará del cebado de tiristores y sincronización de los mismos con la red. Otro módulo será el de regulación, encargado del tratamiento de

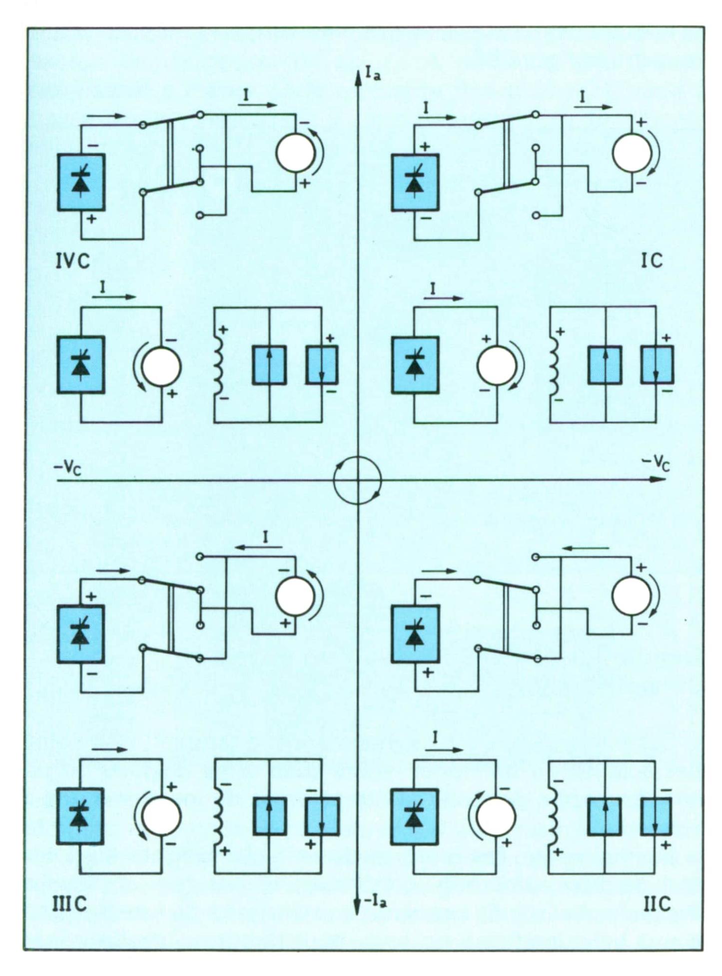


Figura 36. Control electrónico de cuatro cuadrantes, por contactor de inducido e inversión de excitación, empleando tiristores.

señales de velocidad y corriente, mediante una tensión de referencia originada por el potenciómetro de mando. Este módulo controla la unidad de disparo, ya que su señal de salida es rigurosamente proporcional a los distintos ángulos de cebado del tiristor. La fuente de alimentación es estabilizada, suministrando una tensión positiva y negativa respecto al cero para la alimentación de la regulación que está constituida generalmente por amplificadores operacionales. Finalmente, cabe decir que el motor de c.c. tiene la ventaja de poder *invertir el sentido de giro* (lavadoras) sin más que invertir la excitación mediante un tiristor, como lo muestra la figura 36.

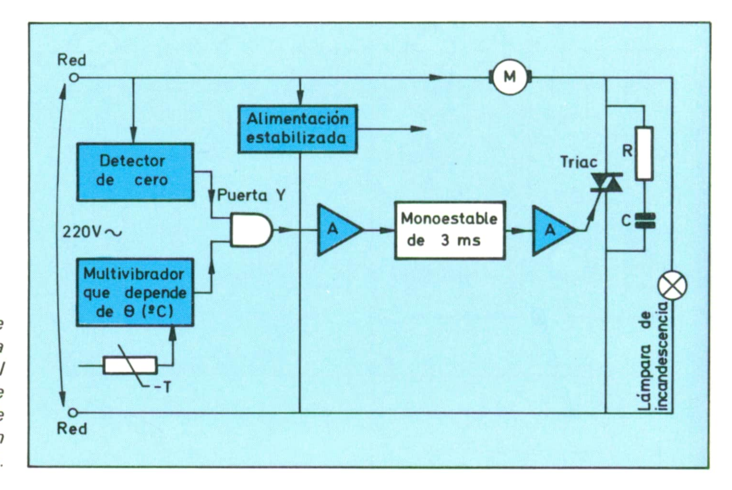


Figura 37. Diagrama de bloques de un sistema electrónico para regular el motor de un equipo de ventilación, en función de la temperatura medida en el ambiente.

Regulador electrónico para un sistema de ventilación

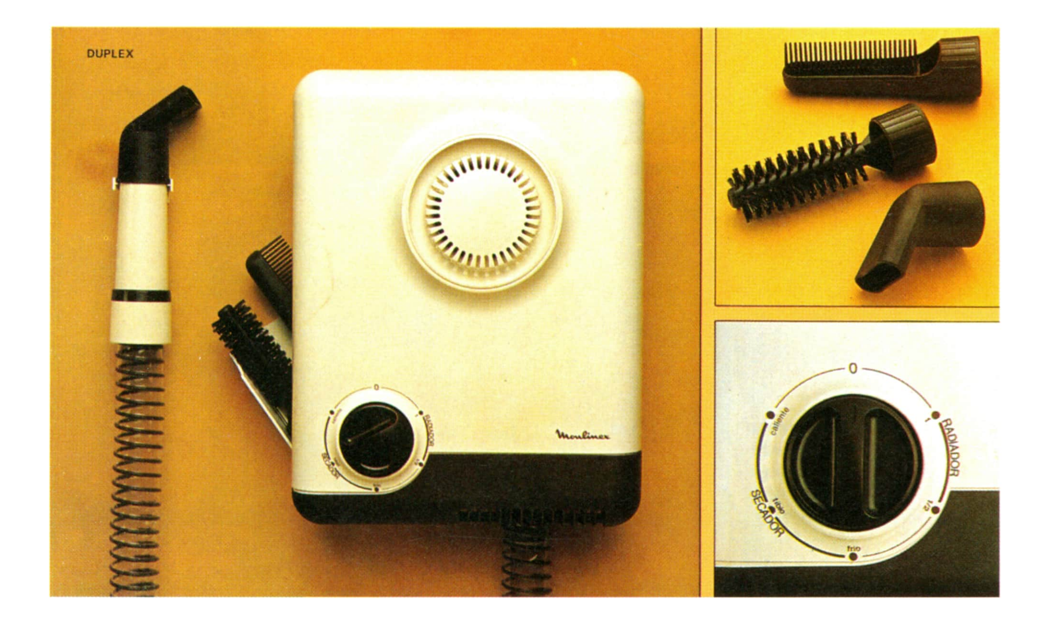
Los ventiladores y los extractores son también elementos destacables en un hogar, sobre todo si se dispone de un circuito capaz de medir la temperatura de los elementos a ventilar.

Normalmente, los motores de esta clase de ventiladores son de tipo asíncrono, con arranque por condensador o *bucle de desfase*. Es conocido que un motor de este tipo gira a una velocidad que no está regularmente ajustada por la

tensión de alimentación, como en el caso del motor de continua, sino que depende ante todo de la frecuencia de la red.

El sistema se basa en un relé estático con triac, éste conmuta cuando la tensión de red pasa por cero y está controlado por un multivibrador, en el que la relación cíclica depende de la resistencia de una NTC dispuesta sobre el elemento a refrigerar. En la figura 37 se muestra el esquema.

Una solución, económica, a fin de evitar la incorporación de un transformador, puede ser la de hacer caer la tensión a través de un condensador (una resistencia provocaría un exceso de disipación de calor). A partir de aquí puede *rectificarse a media onda* mediante dos diodos, filtrada a través de una resistencia y un condensador, y finalmente estabilizada a 10 V, por ejemplo con un diodo Zener. La lámpara, conectada en paralelo con el triac, realiza la función de dejar pasar permanentemente una cierta corriente hacia el motor para regular su velocidad de giro. Las características de dicha lámpara incandescente deben determinarse experimentalmente en función del ventilador utilizado.



Electrodoméstico de aplicación múltiple. Puede funcionar como calefactor de baño, secador de cabello o secador de manos, trabajando con aire caliente o frío. (Cortesía: Moulinex).

Regulador de luminosidad mediante sensor

La regulación de la intensidad luminosa de una lámpara no puede considerarse propia de la electrónica de electrodomésticos, pero no deja de ser un atractivo artilugio que puede utilizarse en el hogar; por este motivo puede ser interesante para el aficionado conocer el modo de construirse él mismo un regulador de este tipo (figura 41).

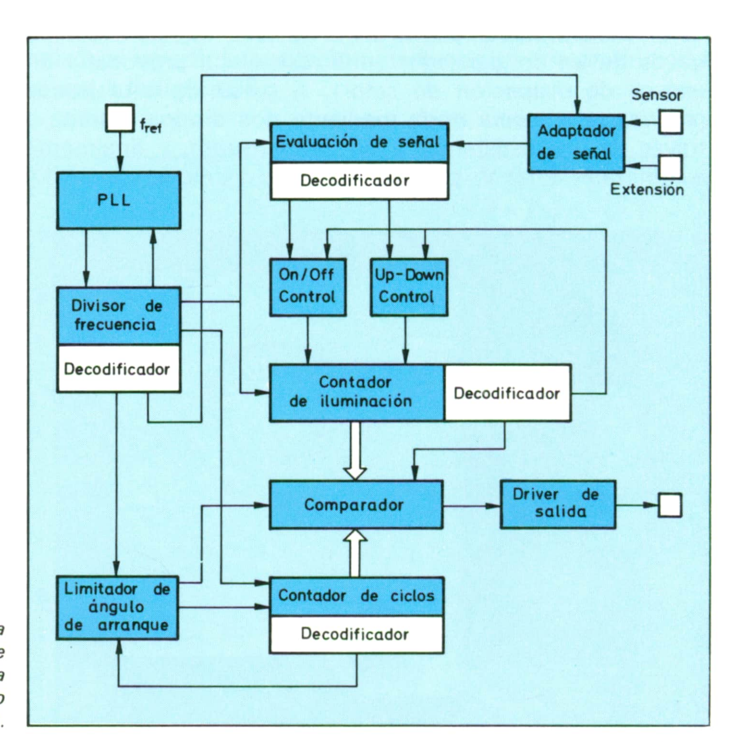


Figura 39. Diagrama simplificado mediante bloques de la estructura interna del circuito integrado S 566 B.

La forma más simple de realizar este cometido es la que se lleva a cabo mediante el *control de fase* con triacs. El control del disparo del triac puede hacerse a base de la típica red RC y un diac o algo más sofisticado, con un circuito integrado y algunos componentes auxiliares. En este montaje se ha optado por el integrado S 566B de Siemens. Este circuito hace posible el control de todas las funciones con una *placa sensora al tacto* (touch control).

La figura 39 ilustra las funciones internas del S 566B mediante un diagrama de bloques. El circuito trabaja digitalmente, esto significa que el reloj interno debe ser sincronizado en frecuencia y fase a la tensión de corriente alterna controlable, para asegurar un ángulo de fase constante. Esto se consigue con el circuito PLL de *enganche de fase* (phase locked loop) que se sincroniza de acuerdo con la frecuencia de la línea aplicada a la entrada del sincronizador.

El divisor de frecuencia genera los impulsos de reloj necesarios para la operación de las otras partes.

Una señal aplicada a la entrada del sensor o a la entrada de control remoto (extensión no utilizada en este caso) es preparada y luego analizada para ser evaluada.

Señales más cortas de 60 ms son reconocidas como interferencias; señales más largas provocan una respuesta, bien sea como control de encendido/apagado (60-380 ms) o como control de variación de luminosidad (superior a 380 ms). El registrador de luminosidad, un contador



«Robot de cocina» que es capaz de efectuar un considerable número de funciones, tales como picar, cortar, rallar, batir, amasar, etc., con un consumo de potencia de hasta 400 W.
(Cortesía: Moulinex).

adelante-atrás, memoriza la información del ángulo de fase, este contador cuenta o descuenta en función de las órdenes que se le dan. El ciclo de luminosidad cero a máxima y vuelta a empezar dura 7 segundos. De acuerdo con la información del estado del contador, el comparador genera un pulso de 38 μs para el disparo del triac. El limitador de ángulo de encendido bloquea el comparador si la información está fuera del rango de ángulo de fase a 30° (mínima luminosidad) y 150° (máxima luminosidad) de la semionda de la red.

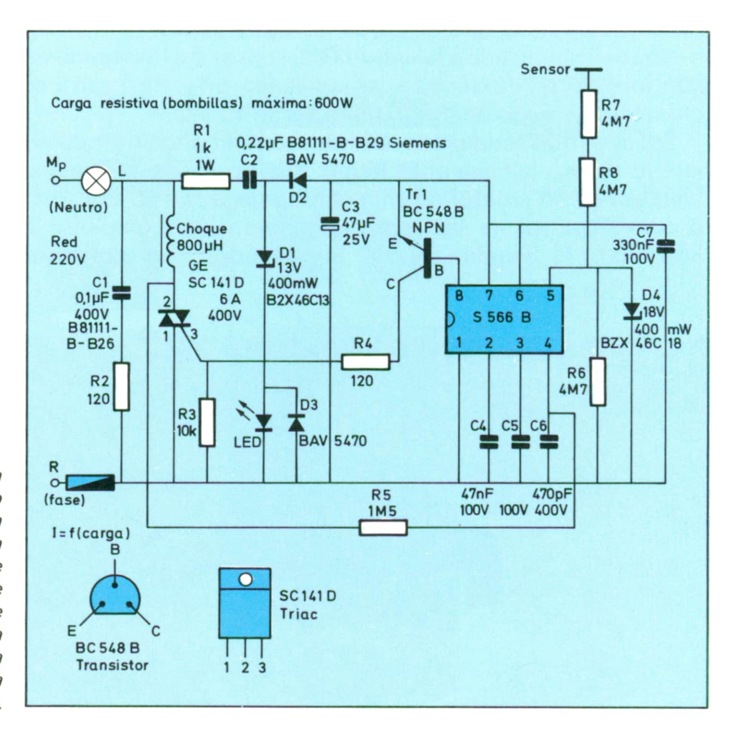


Figura 41. Esquema completo de un circuito regulador de luz por placa sensora al tacto («touch control»). Es importante destacar, que el valor de la resistencia R_6 debe variar en función de la superficie del sensor para obtener la máxima sensibilidad.

A diferencia de otros integrados (S 566A y S 576A) en los que el sentido del control de la luminosidad es continuado, repitiendo la regulación desde el mínimo al máximo, en el S 566B o el S 576B la regulación arranca a partir del punto memorizado en la desconexión, pudiendo invertir el sentido (de mínimo a máximo y viceversa). La tensión de alimentación típica es de 15 V con una máxima de 18 V.

El principio de una *llave sensora al tacto* está basado en la resistencia del cuerpo humano respecto a tierra. El potencial de entrada a un circuito electrónico puede ser variado, efectuándose las operaciones de control y conmutación por este medio. Como las órdenes de «encendido/apagado» y de «control de luminosidad o fase» están controladas por un único sensor, la duración del palpado o pulsación dará el criterio de discriminación de las mismas. El tratamiento de esta información de entrada se almacena, y el desfase correcto para el disparo del triac lo proporciona el S 566B.

Una secuencia de control podría ser esta: En un primer palpado se obtendría un gran desfasaje, la bombilla aparece apagada o casi apagada; siguiendo el palpado con la obtención de poco desfasaje, la bombilla estará muy encendida y así sucesivamente. En el «apagado» con un tiempo corto de palpado, se obtiene una memorización del ángulo de fase que previamente estaba presente. La próxima vez que con un tiempo corto de palpado se produzca el «encendido», el ángulo de fase será el último que había antes de apagar. Esto significa que el nivel de luminosidad de la bombilla al encender será el mismo que tenía antes de apagar.

El ángulo mínimo de 30° es necesario para poder disponer de la tensión de alimentación, y el ángulo máximo de 150° da un margen suficiente entre la tensión mínima de salida (luminosidad más baja) y la situación de «apagado».

La figura 41 muestra el esquema del montaje del circuito regulador para lámparas de incandescencia, que puede colocarse en el lugar del interruptor mecánico normal en serie con la bombilla. La función del interruptor está efectuada por el triac. La tensión desarrollada para el ángulo de fase mínimo de 30° es la suficiente para cargar el condensador C_3 a la tensión de trabajo del integrado a través del diodo rectificador D_2. Un condensador electrolítico de pequeña capacidad (47 μF) es suficiente en vista del pequeño consumo del circuito. R_1 y C_2 sirven como limitadores de corriente del diodo zener D_1. El C_1, la R_2 y el choque de 800 μH realizan la supresión de interferencias de radiofrecuencia. La sincronización con la frecuencia de red se consigue mediante la tensión alterna aplicada al triac y llevada a través de R_5 a la patilla 4. Las señales perturbadoras inherentes se filtran con el condensador C_6 de 470 pF. C_4 y C_5 son partes de la regulación del circuito integrado.

Un palpado de la superficie del sensor varía el potencial del circuito divisor de tensión del control de entrada (patilla 5). La protección necesaria en el palpado está dada por las resistencias R_7 R_8 y la sensibilidad del sensor está determinada por R_6.

HORNO DE MICROONDAS

El *calentamiento por radiofrecuencia* es una técnica utilizada industrialmente desde los últimos 30 años en diversas aplicaciones, las cuales presentan en común la particularidad de que se calienta un material dieléctrico (no

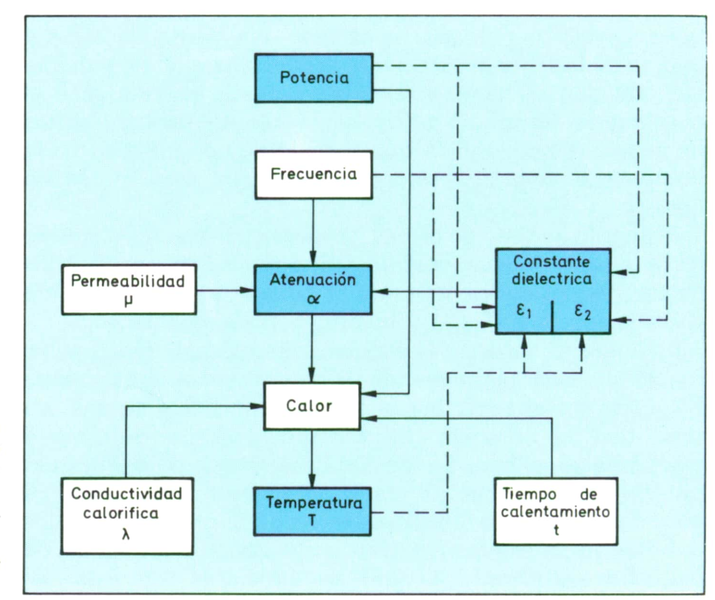


Figura 42. Esquema de interacciones de un sistema de calentamiento por pérdidas dieléctricas. Las líneas continuas indican «acciones sobre», y las líneas a trazos «variaciones con».

conductor), haciendo que se disipe en él la energía electromagnética creada por un generador de potencia de frecuencia adecuada. Consiste pues en aplicar de forma conveniente campos eléctricos de muy alta frecuencia (generalmente microondas) a la sustancia, utilizándose parte de esta energía en la reorientación de los dipolos

moleculares de aquella. Estos movimientos dipolares son los que finalmente se convierten en calor mediante un mecanismo similar a la viscosidad. En consecuencia el procedimiento se puede denominar de «pérdidas dieléctricas». De hecho son dos los mecanismos de transferencia de energía que se producen, por un lado a través de las oscilaciones a que están sometidos los dipolos elementales asociados con los átomos o moléculas, y por otro por la conductividad asociada con cargas libres y el *efecto Joule* correspondiente.



Horno de microondas con control programable de cocción y descongelación mediante sonda termostática. El nivel de «electronificación» es importante.

La ventaja que ofrece este sistema respecto a los procedimientos convencionales de calentamiento es clara. Mientras que estos últimos (exposición a radiación infrarroja, inmersión en un gas o líquido) calientan la superficie y el calor penetra hacia el interior por difusión (proceso que puede ser muy lento), el calentamiento por *pérdidas dieléctricas* en un campo de radiofrecuencia adecuado tiene lugar simultáneamente en todo el interior, actuando en este caso, la difusión solamente para compensar las diferencias de temperatura que puedan producirse. Esto supone la posibilidad de reducir el tiempo de calentamiento de una forma importante, hacer que éste sea mucho más uniforme y,

en la mayoría de los casos, el ahorro de cantidades importantes de energía que pueden llegar hasta el 75 % (figuras 42 y 43).

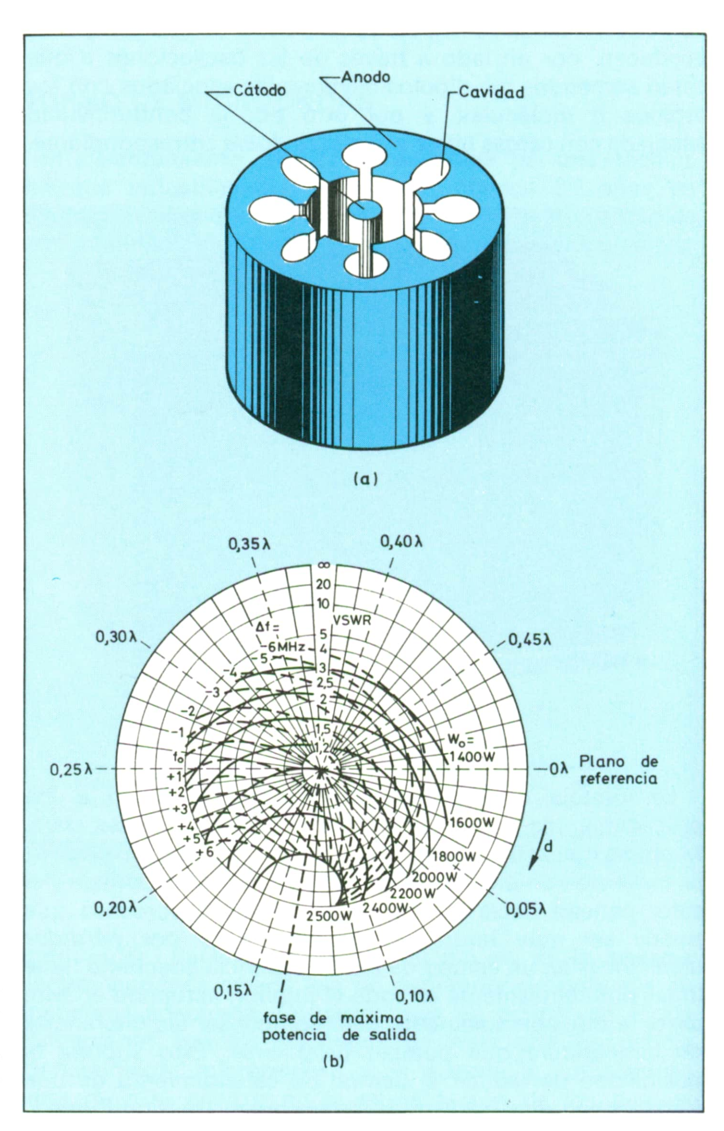
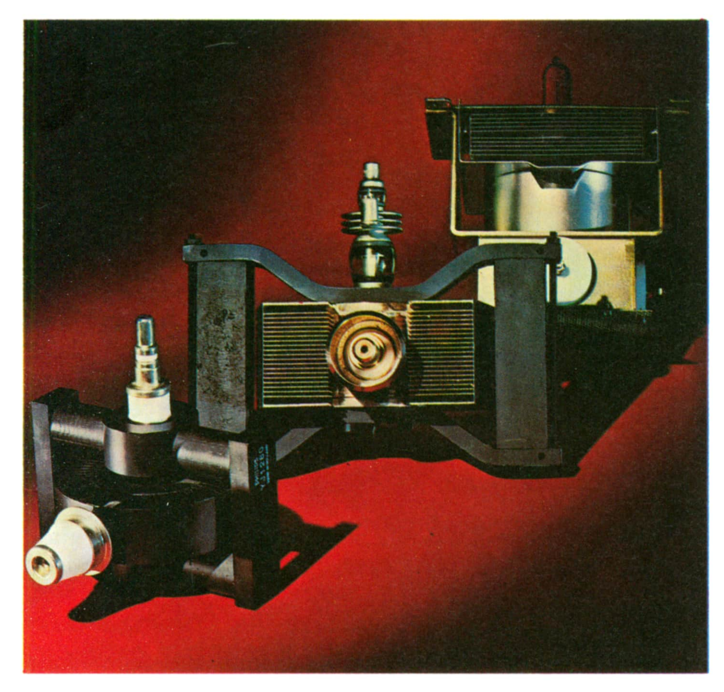


Figura 44. Esquema básico de un magnetrón y diagrama de Rieke (potencia y frecuencia, en función del coeficiente de reflexión).

Actualmente, en la práctica totalidad de las aplicaciones de calentamiento dieléctrico, se emplea como generador de potencia una válvula llamada *magnetrón* funcionando en onda contínua.

El magnetrón es un diodo que entra dentro del tipo de *válvula de campos cruzados*, cuya estructura física simplificada se muestra en la figura 44. Consta de un cátodo de caldeo que suele recubrirse de tungsteno toriado a fin de que posea larga vida y sea capaz de soportar una gran densidad de



Magnetrones empleados en hornos de microondas, utilizadas, en este caso, para el calentamiento de alimentos, descongelación y cocción.

corriente (hasta 100 A por cm^2). El ánodo es una estructura que rodea al cátodo y presenta varias cavidades uniformemente distribuidas por su perímetro. Estas cavidades tienen la propiedad de poder resonar a la frecuencia de oscilación de la válvula. Por último, un imán permanente crea un campo magnético axial uniforme en todo el espacio entre cátodo y ánodo.

El funcionamiento de la válvula expuesto de una forma simplificada es el siguiente: Supóngase un electrón que deja el cátodo con velocidad nula, al aplicar una tensión negativa de valor suficientemente elevado en el cátodo, colocando el ánodo a masa, el electrón tenderá a tomar una trayectoria radial acelerado por el campo eléctrico entre cátodo y ánodo, sin embargo, la presencia de un campo magnético axial obligará que su trayectoria tienda a curvarse cada vez más a medida que se acelera. En efecto, la fuerza total ejercida sobre el electrón será:

$$\vec{F} = e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Donde e es la carga del electrón, $\vec{E}$ el campo eléctrico (radial), $\vec{v}$ la velocidad del electrón en cada instante y $\vec{B}$ el campo magnético (axial). El producto vectorial $\vec{v} \times \vec{B}$ es el que determina la curvatura de la trayectoria.

Según el campo existente entre el ánodo y el cátodo puede ocurrir que el electrón caiga sobre el ánodo, no lo alcance, o simplemente lo roce recirculando hasta el cátodo. Es en este caso cuando se excitan campos de radiofrecuencia en las cavidades resonantes de la periferia de este electrodo.

Para que la energía de radiofrecuencia llegue a su destino, es necesario que el acoplador cumpla los siguientes requisitos: *a*) Una conversión lo más eficiente posible de energía de radiofrecuencia a calor, *b*) una distribución uniforme de la potencia disipada sobre el material a calentar y *c*) el vapor de agua debe eliminarse de la forma más eficiente posible.

Aplicaciones de los hornos de microondas

Las más extendidas radican en la industria alimentaria, para cocinado, pasteurización o esterilización y descongelación de alimentos. De todos ellos, los pequeños hornos de microondas para uso doméstico constituyen la pieza más conocida popularmente.

A la frecuencia de 2.450 MHz el medio de transmisión más utilizado es la guía rectangular. Los hornos de microondas empiezan ahora a popularizarse en España; es importante conocer el principio de funcionamiento de los mismos y sus posibilidades reales.

Para una mejor homogeneización en la distribución de la radiación se provee al equipo doméstico de un agitador metálico, en el caso, claro está, de que las longitudes de onda sean mucho menores que las dimensiones de los elementos con que interaccionan (figura 46).

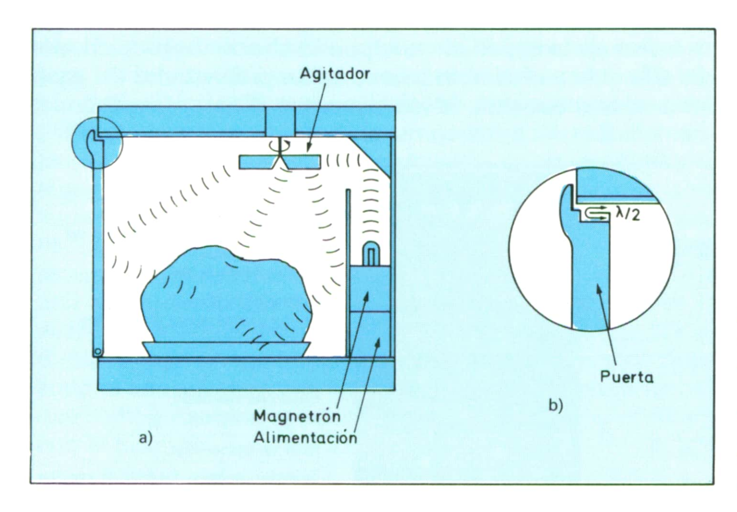


Figura 46. a) Disposición interna de un horno de microondas, mostrando el agitador y su efecto sobre la dispersión de la radiación.
b) Detalle de un tipo de cierre de seguridad de la puerta.

Calentamiento

Como se ha dicho, en el caso de materiales con pérdidas elevadas, como es el de alimentos con un contenido de agua entre el 60 y el 90 %, la penetración a 2.450 MHz es, en el mejor de los casos, de algunos centímetros, lo que impone limitaciones sobre el tamaño de las piezas a calentar. Para materia orgánica en general, las frecuencias óptimas de trabajo en lo que se refiere a penetración, absorción de potencia y directividad de la radiación, se encuentran en la parte alta de la banda UHF, por lo que para muestras que excedan en su espesor mínimo de 5 cm, es más recomendables la banda de 915 MHz.

Descongelación

La descongelación ordinaria de alimentos (carne y pescado principalmente) hasta temperaturas de unos pocos grados centígrados para posterior uso industrial, requiere

El horno de microondas es un complemento de gran utilidad para el horno convencional. La combinación de ambos, permite la cocción casi instantánea o reposada de los alimentos, según se precise una u otra clase de función. (Cortesía: EFF).

normalmente de 12 a 24 horas en cámaras frías, puesto que deben protegerse de contaminación bacteriana las partes exteriores que se descongelan primero. Esto excluye la posibilidad de acelerar el proceso mediante procedimientos convencionales y hace, por tanto, muy interesante la utilización de microondas, aunque deben tenerse en cuenta dos aspectos, la necesidad de evitar un calentamiento excesivo de la superficie que pueda afectar las propiedades del alimento y el cambio brusco en las propiedades del agua y consecuentemente de los alimentos al pasar por 0°C.



Secado

Este proceso es el de análisis más complejo pues está limitado por el movimiento del agua en el sólido, movimiento que a su vez está controlado por fenómenos de difusión, capilaridad y gradientes de presión producidos por contrac-

ción. El agua debe ser eliminada de la superficie por evaporación, transferencia que está controlada por la fórmula:

$$\Delta m = K_g \ (H_S - H_a)A \ \text{(kg/hora)}$$

siendo:
K_g = coeficiente de transferencia de masa en kg/h·m²; H_S = humedad absoluta de saturación del aire a la temperatura de la superficie; H_a = humedad absoluta del aire circundante (kg H_2O/kg aire seco); A = área de transferencia.

Puesto que H se eleva con la temperatura muy rápidamente por encima de 60°C, normalmente no es problema la eliminación de la totalidad del agua que acude a la superficie. Nótese que, por lo que se refiere al aire, el proceso es independiente de su temperatura en tanto no esté saturado. El aire se hace circular (de otro modo se formaría una pequeña lámina saturada del mismo que frenaría la evaporación) con velocidades comprendidas entre 0,6 y 6 m/s. Obsérvese que la evaporación de un gramo de agua supone una absorción de 540 calorías, enfriamiento que hay que compensar bien con potencia adicional de microondas o con el mismo aire caliente de arrastre de humedad.

ALARMAS Y SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL HOGAR

Ya tuvimos ocasión de extender las explicaciones sobre los sistemas de alarmas en el libro 9, de todos modos consideramos interesante tratar ahora algunos aspectos relacionados con la seguridad en el hogar como son la *cerradura óptica* y los *simuladores de presencia*.

Cerradura óptica

Puede construirse una cerradura electrónica empleando una llave óptica codificada en binario, con el empleo de fototransistores y CI lógicos CMOS. El principio de funcionamiento es muy sencillo; la cerradura consiste en una hilera de fototransistores que pueden iluminarse con una lámpara; la llave es una tira de plástico transparente con secciones cubiertas para formar un código binario.

En la figura 48 aparece el circuito de la cerradura óptica.

Para mayor simplicidad se muestra un fototransistor, pero hay ocho, cada uno conectado a la entrada de una puerta NAND. Cada fototransistor posee una resistencia de colector de 1 MΩ. Cuando se ilumina un transistor su corriente de pérdidas aumenta y la tensión de colector cae. Cuando no está iluminado, la corriente de pérdida es muy pequeña y la tensión de colector es casi igual a la tensión de alimentación. Los estados iluminado y no iluminado corresponden al «0» y al «1» lógicos, respectivamente, en la entrada de las puertas NAND (conectadas como inversores).

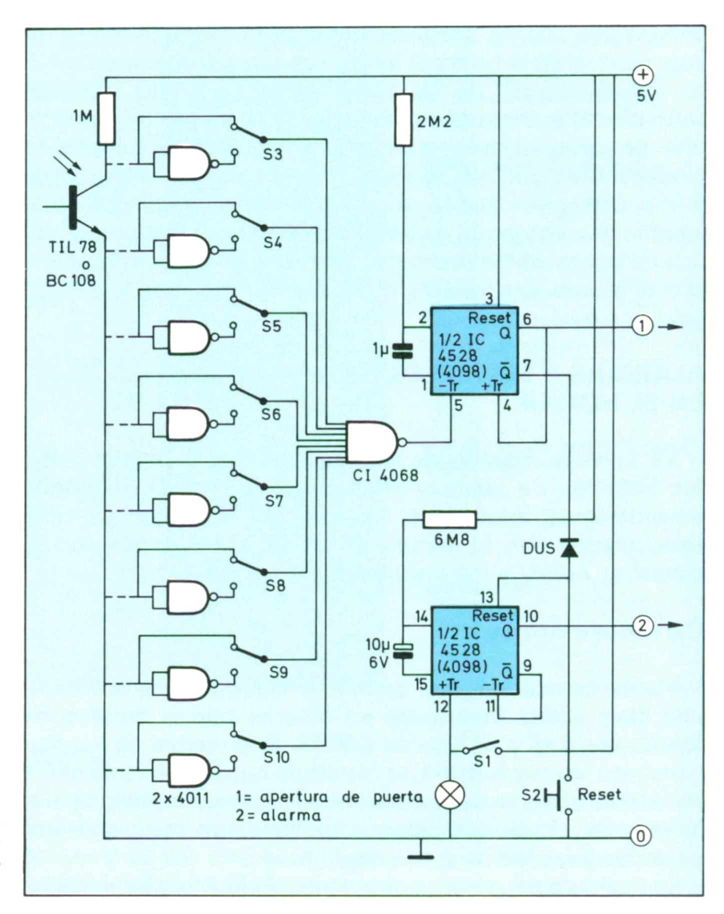


Figura 48. Esquema eléctrico del control de una cerradura óptica que emplea circuitos lógicos y básculas de salida.

Al introducir la llave en la cerradura, pulsa un microinterruptor (S_1) de manera que se enciende una lámpara (figura 49). Las secciones opacas de la llave corresponden a «1» lógico y las transparentes al «0» lógico. Las salidas de los fototransistores adoptan así el código binario. Los interruptores S_3 al S_{10}, que se usan para poner a punto la codificación de la cerradura, están dispuestos de manera que cualquiera de las salidas «0» se complementa con los inversores, mientras que los «1» se conectan directamente a las entradas de la puerta NAND de ocho entradas. Así, solamente cuando se introduce la llave correcta serán «1» todas las entradas de la puerta NAND y por tanto su salida será «0». Ello dispara un monoestable (1/2 4528), generan-

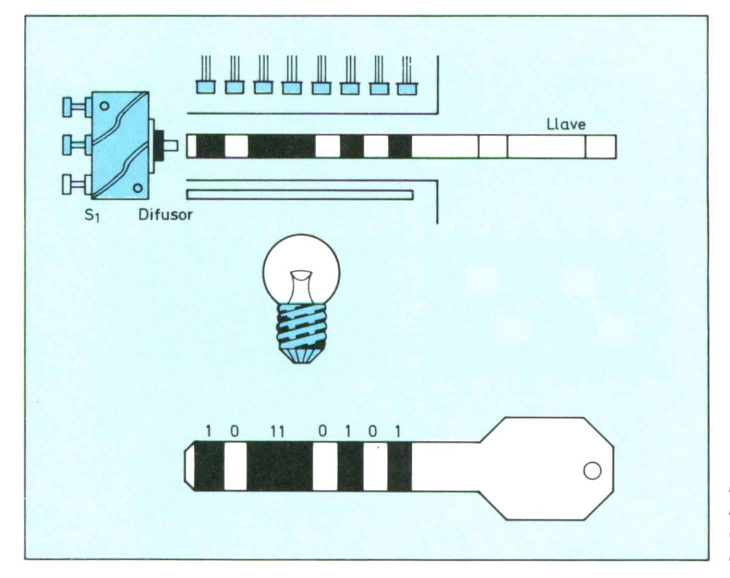


Figura 49. Cerradura y llave óptica. Se observa la codificación en binario y los detectores ópticos.

do un impulso de salida que puede emplearse para hacer funcionar un electroimán-cerradura. La salida $\bar{Q}$ de este monoestable inhibe también un segundo monoestable. Al pulsar el microinterruptor S_1 con la llave, se dispara un segundo monoestable, cuya salida S_2se conecta a un circuito de alarma. Si se introduce una llave incorrecta la salida de la puerta NAND de ocho entradas pasará a nivel

bajo, y el primer monoestable no se disparará. Así, el segundo monoestable no se pondrá a cero con la salida $\bar{Q}$ del primero y la alarma sonará. La alarma se anula con S_2.

Si no se desea cambiar el código de la cerradura con frecuencia, los interruptores pueden cambiarse por conexiones fijas. El número de códigos posibles será de $2^8 - 2 = 254$. Los códigos 00000000 y el 11111111 no deben usarse.

Simulador de presencia

La alarma electrónica es una técnica de uso frecuente para proteger contra eventuales robos un hogar deshabitado. Sin

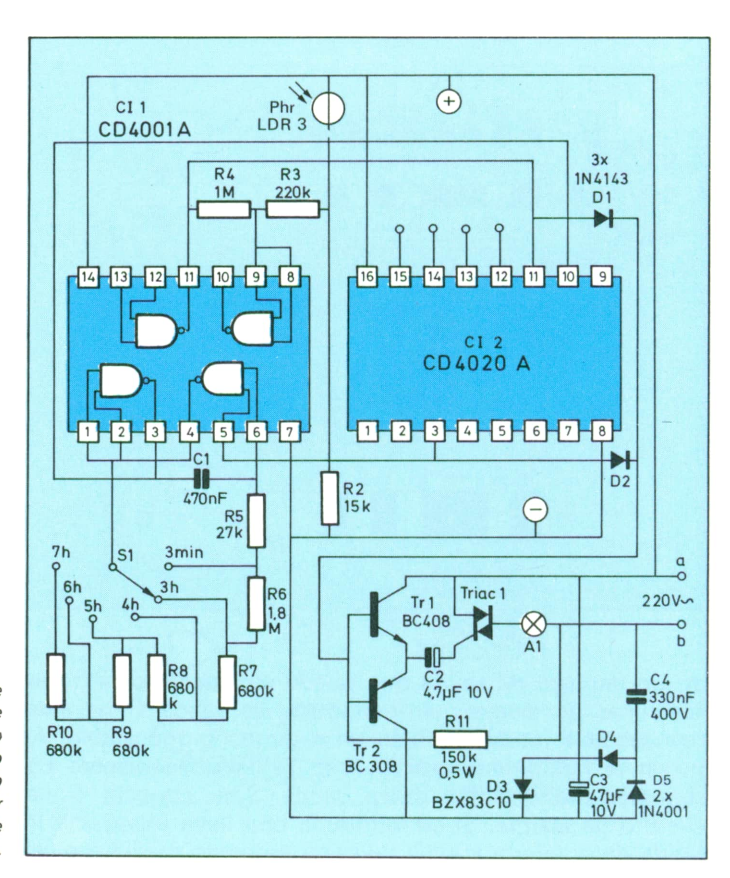


Figura 50. Circuito que enciende una luz de «simulación de presencia» durante un tiempo predeterminado, cuando se dispara un fotodetector al caer el nivel de iluminación.

embargo, estas instalaciones son poco eficaces cuando se trata de una vivienda aislada. Por otra parte, la alarma sólo funciona por lo general tras el allanamiento del lugar, lo que implica abertura de alguna puerta o ventana; el viento o la lluvia pueden penetrar posteriormente, amén de cristales rotos y puertas violentadas que indican claramente que el local no está habitado, incitando probablemente a otros asaltantes que intentarán la aventura.

La simulación electrónica de presencia es un complemento útil a la alarma. Gracias a ella se da la impresión de que la vivienda está ocupada, mediante luces que se encienden irrregularmente o incluso mediante ruidos y desplazamientos.

COMUNICACIONES HOMBRE-MAQUINA POR VOZ

Parece interesante incluir en este apartado, un estudio sobre la comunicación de la voz humana y la máquina. Es evidente la comodidad que presenta la posibilidad de dar órdenes verbales al ordenador de modo que las interprete y las ejecute, sustituyendo el sistema convencional del tecleo.

Producción de voz

Para disponer de máquinas que produzcan sonidos convertidos en palabras y frases inteligibles para cualquier persona se ha partido del hecho de analizar cuidadosamente el fenómeno fisiológico de la voz humana e identificar cada uno de los fonemas en estrechas bandas frecuenciales.

La descripción realizada de los mecanismos de producción de voz sugiere una simulación electrónica, en la cual las fuentes vocales de sonoridad y fricación (pronunciación de la «j» por ejemplo), son representados por sendos generadores de pulsos y ruido y los formantes (picos de frecuencia bien localizados para emitir vocales y sonidos nasales) por filtros resonantes de segundo orden. Los parámetros de control de semejante modelo serán los que indiquen frecuencia y amplitud de los pulsos de sonoridad, amplitud de la excitación de ruido, frecuencia, ancho de banda y amplitud de los formantes bucales, así como de los formantes y antiformantes que aparecen en presencia de ruido o nasalización.

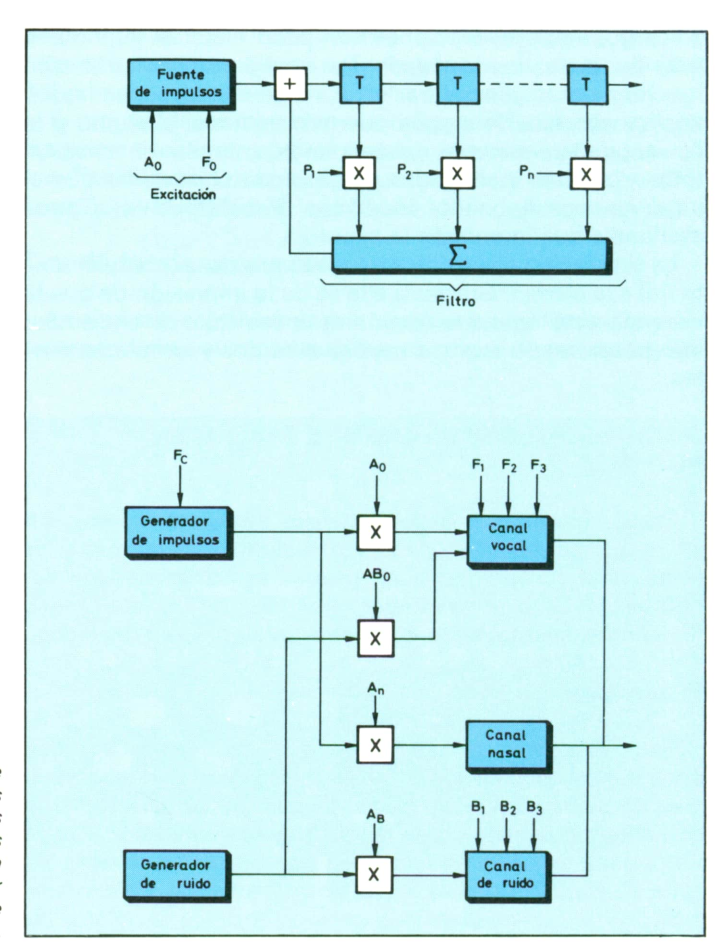


Figura 51. Sintetizador de formantes tipo serie. Es importante que los diferentes tipos de filtros seleccionen cada frecuencia para conseguir la mayor cantidad de tonos.

Aplicaciones de los circuitos gobernados por la voz humana

El gobierno de las luces, la puesta en marcha o parado de una lavadora, lavaplatos, receptor de TV, equipo de alta fidelidad, el funcionamiento de un extractor, etc., por citar algunos casos, son los principales puntos de actuación para el mando de circuitos por acción de la voz.

La utilización de un procedimiento de acceso por voz,

permitiría al operador concentrarse en la labor de inspección y realizar de una forma simultánea el informe de calidad.

Programación automática de máquinas de control numérico

Dicha utilización permitiría a los operadores de las mismas el acceso, mediante palabras de su propio idioma.

Telefonía

Marcaje directo de números mediante la voz, interrogación automática de mensajes, acceso a bancos de datos mediante mandatos hablados, etc.

Otras aplicaciones

1) Sistemas de información automática (hoteles, vuelos, trenes, etc.).

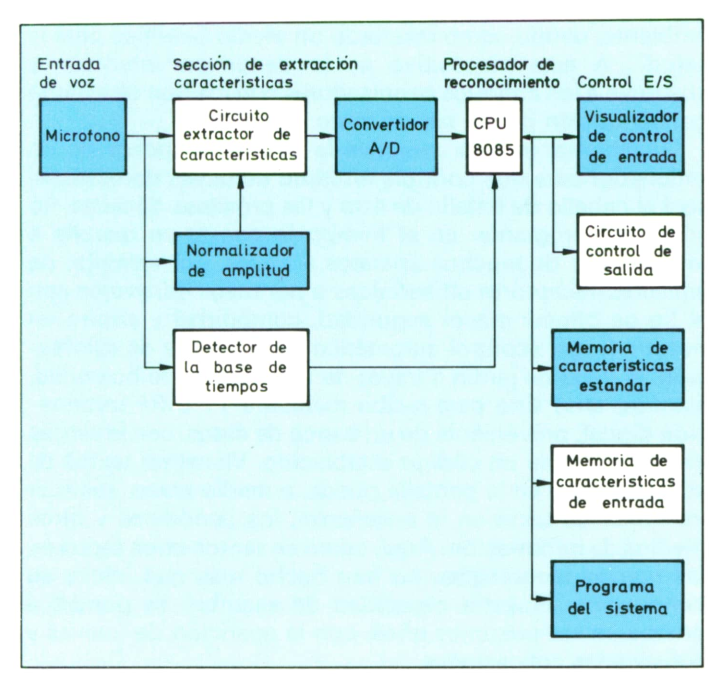


Figura 52. Diagrama de bloques del principio de funcionamiento del sistema SRU-8 para el reconocimiento de la voz. El diagrama de bloques, muestra cómo los mandatos para el receptor se introducen a través de un micrófono externo sin cables, o mediante un micrófono incorporado.

2) Acceso por voz a la programación de ordenadores.
3) Identificación de personas por voz, verificación de claves de seguridad, control del tráfico aéreo.

EL HOGAR DEL FUTURO

Difícil tarea hubiese sido incluir en este libro a otros muchos dispositivos electrónicos ya existentes en el mercado con el único fin de servir a los intereses del hogar.

Puede atraer al lector la idea de disponer en el bolsillo y al anochecer de un transmisor, bastando una leve pulsación para que, antes de atravesar el umbral de su puerta, algunas de las habitaciones queden alumbradas y al mismo tiempo pueda escuchar su música preferida.

¿Y, por qué no, se puede aspirar a disfrutar en casa de aire puro y fresco, de montaña, gracias a un circuito electrónico capaz de generar *iones negativos* que, al estar en contacto con el aire, enriquecen la concentración de estos iones en el ambiente, dando como resultado un efecto benéfico para la salud?. A este dispositivo se le denomina *ionizador* y sustituye a los antiguos ozonizadores con los que una fuerte concentración podría ser un tanto perjudicial.

Finalmente, es muy atractiva la idea de disponer de un ordenador para que controle multitud de tareas domésticas; será el caballo de batalla de ésta y las próximas décadas, no sólo para programar en el tiempo la puesta en marcha e interrupción de muchos aparatos a través, por ejemplo, de emisores-receptores ultrasónicos o por rayos infrarrojos con el fin de ofrecer mayor seguridad, comodidad y ahorro en nuestro hogar (control automático de la bomba de calefacción, el riego de jardín a través de un detector de humedad, alarmas, etc.) sino para recibir mediante TV o RF información digital, proveniente de un banco de datos, con la simple introducción de un código establecido. Visualizar textos de cualquier tipo en la pantalla puede, a medio plazo, sustituir los libros de texto en la enseñanza, los periódicos y otros medios de información. Aquí, como en tantos otros sectores, las nuevas tecnologías, no han hecho más que iniciar su penetración. Nuestra capacidad de asombro se pondrá a prueba en los próximos años, con la aparición de nuevas y sofisticadas aplicaciones.

